

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES

Sciences de la Vie et de la Terre

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

ALHASSANE Mahaman

pour l'obtention du grade de DOCTEUR de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes

Discipline: Milieux, Organismes et Evolution

TITRE : Optimisation de la production d'alevins et de la croissance par le contrôle de la reproduction chez le Tilapia (Pisces, Cichlidae) *Oreochromis niloticus* (Linneaus, 1758): cas des élevages en étangs et en cages flottantes dans la vallée du fleuve Niger au Niger

Soutenue le 19 Janvier 2004 devant le jury composé de

**Docteur Jean Pierre QUIGNARD
Docteur Dominique OMBREDANE
Docteur Jérôme LAZARD
Professeur Roger PRODON
Docteur Olivier MIKOLASEK**

**Président
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur**

**Préparée au Laboratoire de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger
Sous la direction du professeur Roger PRODON**

**ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE**

OPTIMISATION DE LA PRODUCTION D'ALEVINS ET DE LA CROISSANCE PAR LE CONTROLE DE LA REPRODUCTION CHEZ LE TILAPIA (PISCIES, CICHLIDAE) *OREOCHROMIS NILOTICUS* (LINNEAUS, 1758): CAS DES ELEVAGES EN ETANGS ET CAGES FLOTTANTES DANS LA VALLEE DU FLEUVE NIGER AU NIGER.

ALHASSANE MAHAMAN

MEMOIRE SOUTENU LE 19 JANVIER 2004

RESUME

Pour pallier le déficit de production de poissons issus de l'exploitation des milieux naturels et ses conséquences économiques et sociales, le Niger avec l'aide extérieure a initié à partir de 1982 un projet de développement de l'aquaculture basé sur l'élevage du tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes dans le fleuve Niger. Après les phases d'expérimentation et de vulgarisation, le projet est entré dans sa phase d'autonomie. Malgré des acquis sur le plan technique et organisationnel, cette dernière phase n'a pas pu démontrer sa viabilité économique. A l'origine, le niveau élevé du coût de production de poissons marchands lui-même lié, aux charges de production de fingerlings mâles dont l'utilisation est nécessaire pour assurer la rentabilité de l'activité et à celui de production d'aliment qui atteignent respectivement 38 et 50% des charges totales d'exploitation.

Des travaux de recherche ont été engagés depuis 1994 sur l'alimentation et la production d'alevins en vue d'abaisser le niveau de ces charges. Le présent mémoire traite des aspects de la production d'alevins. Il s'agit d'améliorer les techniques actuellement utilisées par le projet pour produire plus, de déterminer les facteurs qui influencent la production d'alevins et la croissance des femelles et enfin de débayer le terrain aux travaux de recherches plus approfondis.

Au terme de ce travail, une technique qui permet de produire 6 fois plus d'alevins à un coût de revient 2,4 fois moins cher est mise en place. Des possibilités de valoriser les femelles par la production des populations inversées en mâles ou la production des poissons marchands de taille moyenne 140g dans des conditions qui favorisent leurs croissances sont précisées. Les aspects techniques et économiques de transferts de ces différents résultats sont déterminés dans les conditions de la pisciculture artisanale. Des voies de recherches plus poussées sont indiquées en particulier, sur les aspects du déterminisme de la baisse de la production d'alevins dans le temps et sur l'influence de la vitesse du fort courant d'eau du fleuve sur le cycle de reproduction des femelles.

Ces résultats ont clairement démontré que la pisciculture du tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes dans le fleuve Niger au Niger est une activité viable du point de vue technique et économique.

MOTS CLES: *Oreochromis niloticus*, reproduction, croissance, transfert technique et rentabilité économique.

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION GENERALE

I AQUACULTURE EN CAGES FLOTTANTES SUR LE FLEUVE NIGER ET BIOLOGIE D'*OREOCHROMIS NILOTICUS*

11 - Contexte de mise en place de la filière aquacole	5
111 - Généralités sur le Niger	5
112 - Projet de développement de l'aquaculture	5
113 - Contraintes d'ordre zootechnique	6
114 - Contraintes d'ordre écologique	7
115 - Contraintes d'ordre économique et politique	9
12 - Présentation de l'espèce	10
121 - Systématique	10
122 - Répartition géographique et Importance dans le monde	10
123 - Exigences écologiques	11
13 - Reproduction d'<i>Oreochromis niloticus</i>	11
131 - Caractéristiques	11
132 - Contrôle de la reproduction	12
133 - Contrôle externe	12
134 - Contrôle interne	13
14- Croissance d'<i>Oreochromis niloticus</i>	14
141 - Généralités	14
142 - Interactions entre la reproduction et la croissance	15

II MATERIEL ET METHODES

21- Site expérimental	19
211 - Aquariums	19
212 - Etangs	19
213 - Cages flottantes	20
214 - Hapas	20
22 - Matériel biologique	20
221 - Production d'alevins d'âge connu	20
222 - Production d'alevins de 10 mg	21
223 - Production de fingerlings en étangs	21
224 - Production et préparation des géniteurs en cages	21
23 - Alimentation	22
231 - Préparation de l'aliment «hormoné»	22
232 - Conduite de l'alimentation	22

24 - Les sexages	23
241 - Sexage manuel	23
242 - Sexage précoce	23
25 - Mesure et traitement des données	23
251 - Paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage	23
252 - Paramètres zootechniques	24
253 - Traitements statistiques	24
III OPTIMISATION DE LA PRODUCTION D'ALEVINS EN ETANGS	
31- Effets de l'augmentation des fréquences de pêches sur la production d'alevins	25
311 - Introduction	25
312 - Protocole expérimental	25
313 - Résultats	27
314 - Discussion	27
32 - Caractéristiques de la technique de récolte continue	29
321 - Importance de la superficie d'étangs sur la production	29
322 - Effet de la durée du cycle sur la production	31
323 - Analyse des conséquences de la dispersion des tailles d'alevins sur la production	34
33 - Conclusion partielle	36
IV OPTIMISATION DE LA CROISSANCE PAR LE CONTROLE DE LA REPRODUCTION	
41- Différence de croissance entre mâles et femelles	37
411 - Effets de l'élevage en cages flottantes	37
412 - Effets de la vitesse du courant	42
413 - Effet du comportement social sur la croissance	46
42 - Sensibilité de la souche aux traitements d'inversion du sexe	50
421 - Traitements hormonaux	50
422 - Thermosensibilité	56
43 - Conclusion partielle sur l'optimisation de la croissance	59
V TESTS EN VRAIE GRANDEUR DES RESULTATS EXPERIMENTAUX	
51- Introduction	60
52 - Analyse comparée du coût de production d'alevins de 0,5-1 g issus des deux techniques de récolte	60
521 - Introduction	60

522 - Phase de pré-grossissement complémentaire de 10 mg à 0,5-1g	61
523 - Prix de revient de l'alevin «des deux sexes»	61
53 - Analyse du coût de production des alevins monosexes mâles	62
531 - Introduction	62
532 - Efficacité en vraie grandeur de la technique d'inversion hormonale du sexe	63
533 - Prix de revient de l'alevin inversé de 0,5-1 g	65
54 - Analyse du coût de production des femelles d'un poids de l'ordre de 140 g	66
541 - Introduction	66
542 - Performances zootechniques de l'élevage des femelles	66
543 - Aspects économiques de la production des femelles	66
544 - Discussion et conclusion	67
55 - Evaluation économique d'un itinéraire technique de production de poissons marchands	68
551 - Introduction	68
552 - Détermination des éléments des coûts de production	69
553 - Approche comparée du prix de revient des poissons marchands	70
554 - Discussion et conclusion	71
56 - Conclusion partielle sur le test en vraie grandeur des résultats expérimentaux	71

VI CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

RESUME ET MOTS CLES

LES FIGURES

- N°1:** Evolution de la production halieutique au Niger de 1970 à 2002
- N°2:** Etangs de la station d'alevinage de Sona
- N°3:** Situation géographique du Niger.
- N°4:** Localisation des sites aquacoles.
- N°5:** Train de cages flottantes installées dans le fleuve Niger (site de Garou).
- N°6:** *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) souche Niger, mâle de 300 g.
- N°7:** Aire géographique originale (bandes vertes) et principales introductions (points verts) d'*Oreochromis niloticus* à travers le monde.
- N°8:** Vue aérienne de la Station de Recherche Piscicole de Molli
- N°9:** Aquariums de la Station de Recherche Piscicole de Molli
- N°10:** Etangs de la Station de Recherche Piscicole de Molli
- N°11:** Cages flottantes de la Station de Recherches Piscicoles de Molli
- N°12:** Hapas installés dans les étangs de 200 m² Station Piscicole de Molli
- N°13:** Sexage manuel par observation de la papille génitale
- N°14:** Sexage précoce par observation du «squash» gonadique
- N°15:** Dispositif expérimental pour comparer l'efficacité de la technique de récolte continue à celle de récolte périodique.
- N°16:** Evolution des températures minimales et maximales journalières au cours du cycle de production d'alevins de 45 jours, en étangs de 100 m².
- N°17:** Evolution journalière de la production d'alevins.
- N°18:** Evolution hebdomadaire de la production d'alevins
- N°19:** Dispersion des tailles à la vidange
- N°20:** Evolution des coefficients de corrélations entre les quantités d'alevins récoltés et les dispersions de leurs tailles.
- N°21:** Dispositif expérimental pour comparer la croissance des mâles à celle des femelles chez *Oreochromis niloticus* élevés en cages flottantes dans le fleuve Niger.
- N°22:** Evolution dans le temps des quantités d'aliment distribuées et des températures minimales et maximales.
- N°23:** Evolution des poids corporels et des indices de conversion alimentaires des lots monosexes mâles, femelles et mixtes chez *Oreochromis niloticus* élevés en cages flottantes dans le fleuve Niger.
- N°24:** Dispositif expérimental pour tester les effets de la vitesse du courant sur la différence de croissance entre mâles et femelles chez *Oreochromis niloticus* élevés en cages flottantes.
- N°25:** Evolution des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage dans la zone morte et la zone exposée au fort courant dans le fleuve Niger au Niger.
- N°26:** Dispositif expérimental pour étudier les comportements sociaux des mâles et femelles d'*Oreochromis niloticus* élevés en aquariums.

LES TABLEAUX

- N°1:** Composition et présentation des différents types d'aliments fabriqués par la filière aquacole selon les stades d'élevage des poissons.
- N°2:** Caractéristiques des périodes hydrologiques du fleuve Niger au Niger.
- N°3:** Limites de tolérance et préférendum physico-chimique d'*Oreochromis niloticus*
- N°4:** Nombre d'alevins obtenu à partir de la technique de récolte continue et celle de récolte périodique en étangs de 100 m², 45 jours après l'introduction des géniteurs.
- N°5:** Paramètres zootechniques des géniteurs d'*Oreochromis niloticus* au cours du cycle de production d'alevins de 45 jours en étangs de 100 m².
- N°6:** Données bibliographiques sur la production d'alevins d'*Oreochromis niloticus* dans différentes tailles d'étangs.
- N° 7:** Nombres et tailles des alevins en étangs de 100 et 200 m² 44 jours après l'introduction des géniteurs
- N°8:** Efficacité de la technique de récolte continue
- N°9:** Nombre d'alevins et coefficients de variations de tailles correspondant aux différentes catégories d'étangs concernés par la technique de récolte continue.
- N°10:** Taux de survie et efficacité de l'aliment utilisé
- N°11:** Performances de croissance des poissons élevés en zone morte et en zone de fort courant
- N°12:** Performances zootechniques des lots mâles, femelles et mixtes élevés en aquariums
- N°13:** Taux de survie des alevins selon la dose et le type d'hormone utilisé
- N°14:** Efficacité des traitements hormonaux d'inversion du sexe.
- N°15:** Taux de survie d'alevins après traitement thermique et au moment de sexage
- N°16:** Efficacité du traitement thermique d'inversion du sexe
- N°17:** Croissance des alevins prégrossis en étangs
- N°18:** Performances zootechniques des alevins à la fin du traitement.
- N°19:** Taux de masculinisation.
- N°20:** Données bibliographiques sur les traitements masculinisants aux androgènes en conditions intensives de production.
- N°21:** Performances zootechniques des femelles élevées en cages flottantes.
- N°22:** Evolution du nombre de poissons au cours d'un cycle de production
- N°23:** Evolution du coût de l'aliment

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier:

- Dr Olivier MIKOLASEK, chargé de recherche au CIRAD-EMVT, mon encadreur qui m'a fait bénéficier de ses expériences scientifiques et qui m'a toujours aidé et encouragé sur le terrain au Niger et à distance de l'élaboration des protocoles de recherche à la rédaction du présent mémoire.

- Dr Jérôme LAZARD, directeur de l'unité de recherche en aquaculture au CIRAD-EMVT, qui malgré ses multiples occupations a manifesté un intérêt certain à l'aboutissement de ce travail. Il a accepté d'être l'un des deux rapporteurs de ce travail. En plus, je ne peux jamais oublier l'accueil chaleureux qu'il me réserve chaque fois que je pars à Montpellier que ça soit dans son laboratoire ou dans sa famille.

- Professeur Roger PRODON, directeur de Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, qui a assuré la direction des travaux de cette thèse avec le départ à la retraite du Professeur Jacques BONS. Qu'il trouve ici l'expression mes sincères remerciements.

- Dr Jean Pierre QUIGNARD, professeur d'ichtyologie en retraite, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse. Il faut noter qu'il s'est personnellement impliqué dans les démarches qui ont abouti à mon inscription d'abord au diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes ensuite à la thèse de la même école.

- Dr Dominique OMBREDANE, professeur en Ecologie aquatique à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, membre du jury et rapporteur ce travail, pour les observations pertinentes qui ont permis d'améliorer considérablement la qualité du présent mémoire.

- Madame Brigitte BOURNIER, secrétaire à l'unité de recherche en aquaculture du CIRAD –EMVT, pour la mise en forme du document.

Enfin à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

INTRODUCTION GENERALE

En Afrique, la pisciculture est d'introduction récente car, les premiers essais datent des années 1940 sous l'impulsion coloniale. Cette pisciculture d'autosubsistance, était pratiquée en étangs d'abord dans les régions centrales de l'Afrique notamment au Congo démocratique à l'époque colonie belge, avant d'atteindre les colonies britanniques et françaises. La pisciculture en Afrique sahélienne a été pendant longtemps quasi inexistante en raison de la richesse naturelle de ses ressources halieutiques dont l'exploitation permettait de couvrir l'essentiel des besoins de ses populations (Lazard *et al.*, 1996).

Il faut attendre les années 1970 pour voir le démarrage effectif de la pisciculture dans cette région d'Afrique suite à la diminution de la production naturelle consécutive à la baisse des pluviométries (Lazard *et al.*, 1993). Elle était alors l'œuvre des organisations non gouvernementales (ONG) manquant de savoir-faire dans le domaine, les résultats alors obtenus étaient en deçà des espérances.

Au Niger, cette forme de pisciculture a été initiée en étangs dans les années 1974, sur la rive droite du fleuve, par une ONG étrangère (Africare). L'activité a été conçue de façon à ce que l'alimentation en eau des étangs et la vidange se fasse par pompage, ce qui a induit des coûts d'exploitations très onéreux et son abandon total (DFPP, 1992).

Avec la dégradation continue des ressources halieutiques consécutive aux sécheresses des années 1980 (Figure 1), une nouvelle génération de projets piscicoles a vu le jour, cette fois adaptée aux différents contextes locaux. A titre d'exemple, on peut citer en Afrique de l'ouest, le projet pisciculture semi-intensive en étangs intégrée aux aménagements hydro-agricoles (Matam III) au Sénégal, la pisciculture extensive dans les mini-barrages, au Burkina Faso (Lazard, 1990).

Au Niger, c'est la pisciculture en cages flottantes dans le fleuve Niger qui est apparue comme la solution la mieux adaptée. En effet, la principale source d'eau pérenne est le fleuve dont la topographie de la vallée ne permet pas de construire des étangs avec un approvisionnement gravitaire en eau. A cette contrainte physique s'ajoutent des difficultés d'accès au foncier notamment pour les pêcheurs reconvertis dans cette nouvelle activité. La pisciculture en cages flottantes permet à la fois de bénéficier d'un renouvellement en eau permanent et naturel tout en s'adaptant aux variations du niveau du fleuve.

Cette opportunité a permis la mise en place du projet de développement de l'aquaculture en cages flottantes au Niger (PDAN) à partir de 1982. Toutefois, les alevins sont produits en étangs, sur la station de Sona (Figure 2), alimentés par pompage à partir d'un bras mort du fleuve Niger. (Parrel *et al.*, 1990; Lazard *et al.*, 1993).

Le tilapia (*Oreochromis niloticus*), espèce de poisson présente naturellement dans le fleuve Niger, a été choisi pour servir de base au développement de cette activité (Parrel *et al.*, 1990). Il offre des qualités en élevage (Pullin, 1983): reproduction facile en captivité, adaptation aisée à l'alimentation artificielle et aux

pratiques d'élevage. Enfin, très apprécié des consommateurs, il présente d'importants atouts commerciaux.

Production d'alevins

La technique de production d'alevins utilisée depuis 1982 dans le cadre du projet aquaculture sur la station de Sona, a été mise au point à la station piscicole de Bouaké en Côte d'Ivoire (Cavaillès, 1981). Elle consiste à mettre des géniteurs en reproduction dans des étangs et à commencer la récolte des alevins 30 à 45 jours plus tard et à les collecter ensuite toutes les quinze semaines jusqu'au 90^e jour. Ce modèle a été largement vulgarisé dans les pays d'Afrique où se pratique l'élevage de tilapias en particulier, celui de l'espèce *Oreochromis niloticus*, avec cependant des variantes selon les conditions locales.

Au Niger, cette méthode a été adaptée de telle sorte que les géniteurs soient mis en reproduction en début de la saison des pluies (mai-juin). A cette période, les conditions naturelles du milieu d'élevage (notamment la température de l'eau supérieure à 24°C, la photopériode environ 12/12) sont plus favorables à la reproduction de cette espèce (Lowe McConnell, 1958; Marshall, 1979; Phillippart et Ruwet, 1982; Baroiller *et al.*, 1997). Ces animaux de 100 à 250 g avec les mâles plus petits que les femelles, sont introduits en étangs de 350 m² à la densité de 68 individus par are et au sexe ratio d'un mâle pour trois femelles (Parrel *et al.*, 1990). La technique permet de récolter en moyenne 25 000, 15 000, 9 000 et 5 500 alevins par étang en quatre pêches réalisées respectivement 45, 60, 75 et 90 jours après l'introduction des géniteurs (Lazard, 1984; Parrel *et al.*, 1990).

La récolte d'alevins est pratiquée au filet de 6 mm de maille qui sélectionne des individus de 0,5 g à plus. La production ainsi réalisée est composée d'alevins qui présentent de différences importantes d'âge et de tailles résultant de l'absence de synchronisation qui caractérise les pontes de cette espèce (Little *et al.*, 1996; Ambali et Little, 1996; Coward *et al.*, 1998; Baroiller *et al.*, 1996) et du délai relativement long entre la mise en charge des géniteurs et la première pêche (45 jours), puis entre celle-ci et les suivantes (15 jours). Cette hétérogénéité de tailles favorise le développement de la prédation des jeunes alevins par les plus âgés. Les séquences de baisses de production constatées de la première à la quatrième pêches sont d'ailleurs attribuées aux conséquences de cette prédation (Lazard *et al.*, 1988). Ce phénomène est ainsi considéré, comme l'une des principales causes de baisses de production d'alevins de tilapias (Uchida et King, 1962; Pantastico *et al.*, 1988; Macintosh et Little, 1995).

La technique utilisée au Niger ne permet donc pas de valoriser au mieux les capacités de production des géniteurs. Actuellement, le maintien et l'entretien d'un nombre important de géniteurs est la seule manière de satisfaire les besoins de la filière. Or, la meilleure stratégie de production d'alevins de cette espèce est celle qui permettra d'accroître le nombre, l'importance des pontes et de la survie larvaire tout en réduisant l'importance du stock des géniteurs engagés (Little *et al.*, 1996).

Par ailleurs, le potentiel de croissance des mâles de cette espèce est plus élevé que celui des femelles (Hanson et *al.*, 1983) ce qui fait qu'ils sont préférés dans les élevages pour en garantir le meilleur rendement (Mires, 1983). Au Niger, les mâles sont obtenus par reproduction naturelle contrôlée réalisée en étangs qui permet d'obtenir des alevins de 0,5 à 1 g. Ces derniers sont ensuite élevés jusqu'à 25 g, stade à partir duquel intervient le sexage manuel. Ce procédé permet de sélectionner les mâles pour la production de poissons marchands (250 g) et d'éliminer les femelles.

De 0,5 à 250 g, les poissons sont nourris avec des aliments composés. Ce dernier ingrédient importé, coûte plus cher que les autres. Il contribue ainsi à l'augmentation du niveau de charge du poste aliment et par conséquent de celle de la filière.

Ces contraintes techniques ont induit des coûts de production de poissons élevés comparés au niveau de vie de la population nigérienne et au regard de la dégradation continue de l'environnement économique du pays depuis une vingtaine d'années: une croissance économique inférieure à la progression démographique (SRP, 2002). La cherté de ce produit a ainsi entraîné des difficultés d'écoulement de la production piscicole qui se sont traduites entre autres, par la baisse des marges bénéficiaires obtenues par les différents acteurs de la filière notamment, celles des producteurs.

Deux programmes de recherche, l'un sur la production d'aliment et l'autre sur celle d'alevins, ont été initiés en vue de réduire le niveau de ces charges d'exploitation.

Bien que des sous produits agro-industriels puissent être utilisés dans l'alimentation de tilapias (Pouomogne, 1994), au Niger, ceux-ci ne sont pas toujours disponibles en quantité et en qualité suffisantes (Dadé, données non publiées). En conséquence, la pisciculture de tilapias en cages flottantes au Niger devrait encore dépendre de l'achat d'ingrédients dans les pays voisins au cours des prochaines années. Dans ce contexte, les travaux de recherche visent à substituer dans la formule alimentaire utilisée une partie de protéines animales issues de la farine de poissons (rare et chère) par de protéines végétales largement disponibles dans la sous-région comme par exemple celles provenant des tourteaux de coton (Dadé et Mikolasek, 1996)

Quant aux contraintes liées à la production d'alevins de phénotypes mâles, objet du présent mémoire, elles proviennent des pertes enregistrées au cours des différentes étapes de production: faible niveau de récupération d'alevins après reproduction, élimination des femelles et qualité de sexage médiocre, et aux bas niveaux de croissances générales des animaux. De ces contraintes, trois problématiques de recherche ont été identifiées.

Première problématique : optimisation de la production d'alevins

Elle repose sur les trois hypothèses suivantes:

- le cannibalisme et les différents facteurs responsables de la baisse de la production pourraient être réduits par des récoltes d'alevins plus fréquentes;
- la dispersion de la taille des alevins au cours du temps et lors de la récolte finale influe sur les quantités produites;
- la taille des étangs et la durée de la période de mise en reproduction des géniteurs sont aussi des facteurs impliqués dans le rendement en alevins.

Deuxième problématique : optimisation de la croissance par élevage monosexé

Il s'agit de valider les deux hypothèses suivantes :

- les facteurs environnementaux de la production en cages dans le fleuve permettent aux femelles d'exprimer une croissance proche de celle des mâles
- les deux techniques (hormonale et thermosensibilité) d'inversion du sexe applicables à la souche *Oreochromis niloticus* du fleuve Niger et dans les conditions d'élevage au Niger.

Troisième problématique : Evaluer les conséquences en matière de coût de production de l'utilisation de l'une ou l'autre amélioration technique testée précédemment

Le présent travail est subdivisé en cinq parties dont la première présente l'aquaculture en cages flottantes sur le fleuve Niger au Niger et son environnement et fait un point bibliographique. Après avoir présenté le matériel et méthodes dans une seconde partie, les chapitres 3 et 4 sont respectivement consacrés aux résultats relatifs à l'optimisation de la production d'alevins, de la croissance et aux tests en vraie grandeur des résultats expérimentaux sur la filière. La dernière partie traite de la conclusion générale et des perspectives.

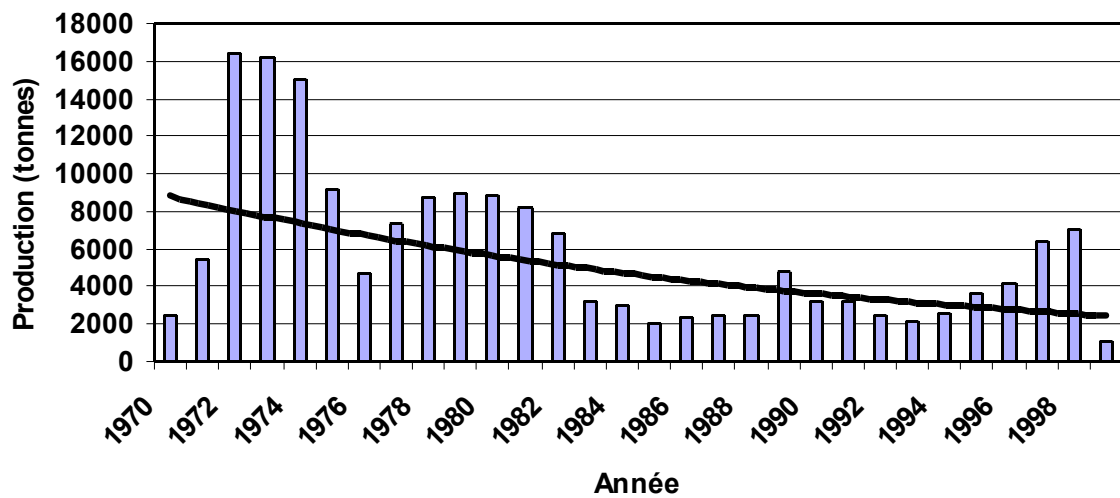


Figure 1 : Evolution de la production halieutique au Niger de 1970 à 1999 (source Direction de la Faune, de la Pêche et de la Pisciculture)



Figure 2 : Etangs de la station d'alevinage de Sona (photo J. Lazard, CIRAD-EMVT)

I-AQUACULTURE EN CAGES FLOTTANTES SUR LE FLEUVE NIGER AU NIGER ET SON ENVIRONNEMENT

1.1- CONTEXTE DE MISE EN PLACE DE LA FILIÈRE AQUACOLE

1.1.1- Généralités sur Niger

Le Niger est un pays continental de 1.267.000 km², situé en Afrique sahélienne entre les latitudes 12°33'N et 23°33'N des tropiques Nord. Il est caractérisé par trois zones climatiques qui se distinguent par leurs niveaux de précipitations (figure 3):

- la zone saharienne au Nord couvre 75% du territoire avec une pluviométrie inférieure à 100 mm/an,
- la zone sahélo-saharienne au centre occupe 15% de la superficie totale avec une pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 350 mm
- et enfin la zone sahélo-soudanienne au sud représente 10% du territoire avec une pluviométrie de 350 à 750 mm/an.

D'après le dernier recensement général des populations réalisé en 1988, le pays comptait 7,2 millions d'habitants composés essentiellement des jeunes (46,2% ont moins de 14 ans) et seulement 4,1% ont plus de 60 ans. Selon la même source, le taux d'accroissement de cette population est l'un des plus élevés du monde avec 7,2 %/an en milieu urbain et 2,7 %/an en milieu rural. Pour la dernière décennie, ce taux est évalué à 3,3% par an d'après le document de la Stratégie de la Réduction de la Pauvreté (S.R.P., 2002). La densité est en moyenne de 4,4 habitants au km² avec cependant, de fortes concentrations dans la frange sud.

Le secteur agricole occupe 75% de la population active. Il est consacré essentiellement aux cultures vivrières (mil, sorgho et riz) et aux cultures d'exportation (niébé et arachide). Si en année de bonne pluviométrie, la production agricole couvre les besoins des populations, en année plus sèche, le pays doit importer des céréales et autres produits de grande consommation. L'agriculture et l'élevage contribuent respectivement à hauteur de 24 et 13% au produit intérieur brut (PIB) soit un apport global de 37% (Pagni, 1994). Ce sont les secteurs clés de l'économie nationale depuis la baisse de la production et l'effondrement des coûts mondiaux de l'uranium, principale ressource minière du pays, dans les années 1985 (P.R.E, 1997).

1.1.2- Projet de développement de l'aquaculture au Niger

Le projet de développement de l'aquaculture est implanté le long du fleuve Niger dans la région située entre Tillabéry et Kollo (Figure 4). Le fleuve Niger, deuxième grand cours d'eau d'Afrique après le Nil, a une longueur de 4200 km. Il prend sa source à 850 m d'altitude dans le Fouta Djallon en Guinée, traverse le Mali, le Niger, le Bénin et se jette dans le Golfe de Guinée au Nigeria. Il est décomposé dans son parcours en quatre grandes parties: le cours supérieur, le Delta central, le cours moyen et le cours inférieur. C'est dans la portion «moyen Niger», considérée comme l'exutoire du Delta central et qui traverse le pays sur 550 km que le projet s'est implanté. Dans cette zone, les principales activités pratiquées par les populations rurales sont la pêche et la riziculture.

Le projet de développement de l'aquaculture a démarré ses activités à partir de 1982 par la première phase dite phase pilote qui a permis de définir les bases biotechniques de la production d'*Oreochromis niloticus* en cages flottantes dans le fleuve Niger au Niger. Ces normes sont fondées sur une technique d'élevage par classes d'âge séparées composée de trois étapes successives: alevinage, prégrossissement et grossissement.

La production d'alevins est réalisée en étangs sur la station de Sona, située à environ 85 km de Niamey (Figure 4) et qui est centrale par rapport aux sites de grossissement. Cette station est composée de 34 étangs de 350 m² chacun.

La deuxième phase du projet est intervenue à partir de 1986 afin de vulgariser auprès des pêcheurs, les différentes techniques de production de poissons en cages notamment, le prégrossissement et le grossissement, la production d'alevins étant assurée par le projet. L'objectif est aussi de toucher des artisans et opérateurs privés intéressés et prêts à investir dans le secteur, à l'échelle de petites et moyennes entreprises (PME). Pour cela, il a été prévu de créer 3 sites aquacoles (Tillabéry, Farié et Boubon) composés chacun de 10 familles de pisciculteurs artisans, 2 PME (Kogoungou et Youri) et une station de recherche piscicole en vue d'accompagner le développement de l'activité. A la fin de cette phase, les sites de piscicultures artisanales (exceptionnellement 20 familles à Farié) et les PME prévus ont été installées (Figure 4) mais la construction de la station de recherche a été reportée à la troisième phase.

La troisième phase initiée à partir de 1992, a pour objectif principal d'accompagner le développement de la pisciculture en cages vers une filière autonome et économiquement viable par la privatisation de l'ensemble de ses maillons. Ainsi, une organisation de droit privé dénommée association des aquaculteurs (ADA), regroupant l'ensemble des acteurs de l'élevage du tilapia en cages, a été créée. Sa mission est de reprendre les différentes activités du projet avec l'appui d'une cellule légère mise en place à cet effet. A la fin de cette phase, la station de recherche piscicole a finalement été créée mais, la filière n'a pas pu montrer son autonomie aux plans technique et financier. Il faut cependant noter que cette filière a été créée dans un contexte politico-économique difficile.

1.1.3- Contraintes d'ordre zootechnique

1.1.3.1- Production d'alevins

La technique de production d'alevins adoptée est basée sur des récoltes espacées dont la première intervient 45 jours après l'introduction des géniteurs en étangs puis les autres tous les 15 jours au moins jusqu'à la quatrième pêche. Ainsi, les intervalles de temps avant la première pêche et entre celle-ci et les autres sont relativement longs. Ils sont suffisants pour favoriser une large dispersion de tailles d'alevins liée à la présence d'individus d'âges différents. Or, l'hétérogénéité de tailles au sein des lots d'alevins provoque le développement du cannibalisme (Alhassane *et al.*, 1997)

Les alevins ainsi récoltés (0,5-1 g) sont élevés jusqu'à 25-30 g stade à partir duquel, les mâles sont séparés des femelles par sexage manuel. Les femelles qui représentent généralement 52% du nombre total d'alevins produits, sont éliminées en raison de leur faible croissance (Lazard, 1990).

Cette technique conduit donc à la perte d'une partie de la production et par conséquent, à la sous valorisation des infrastructures d'élevage et d'aliment utilisé par les juvéniles des femelles avant sexage. En plus, elle reste entachée d'erreurs de diagnostic du sexe estimées entre 5 et 10% (Lazard, 1986). Sa mise en œuvre exige de pêcher et de manipuler systématiquement tous les poissons mais également d'utiliser une main d'œuvre qualifiée et nombreuse. Par ailleurs, le niveau de récupération des mâles après sexage reste très faible chez de nombreux pisciculteurs. Le sexe mâle est souvent déterminé au hasard à partir des caractères externes sans trop se préoccuper du critère fondamental qui est la forme de la papille génitale. Ainsi, les pisciculteurs rejettent dans le groupe des femelles tous les animaux dont l'identification du sexe pose problème (Mikolasek *et al.*, 1997a). De plus l'erreur de sexage conduit à la présence de femelles dans les cages de mâles, ce qui pourrait se traduire par un ralentissement de la croissance de ces derniers.

1.1.3.2- Production d'aliment

En cages flottantes, l'apport du fleuve dans l'alimentation des poissons d'élevage est pratiquement nul. Les besoins nutritionnels des animaux doivent nécessairement être couverts par une nourriture artificielle exogène.

Ainsi, au cours des différentes phases d'élevage, les poissons sont nourris avec des aliments composés ayant un taux de 25 à 40% de protéines brutes, selon le stade de croissance (Tableau 1). L'efficacité des différentes formules utilisées dépend de leur teneur en farine de poissons (Luquet, 1985). Cet ingrédient, cher (10 à 30% plus que les autres) et importé, détermine largement le niveau du prix de revient de l'aliment. Ainsi, comme c'est la règle pour ce type d'élevage intensif, le coût de l'aliment représente plus de 50% de coût total de production d'un kilogramme de poissons marchands (Mikolasek *et al.*, 1997b) soit au niveau de la filière plus de 50% des charges totales d'exploitation.

1.1.4- Contraintes d'ordre écologique

Les cages flottantes sont installées dans le fleuve Niger (Figure 5). Ce dernier est caractérisé par des fortes variations hydrologiques de son régime qui entraînent des perturbations dans le milieu d'élevage. A la saison froide succède la saison chaude, la période de crue est suivie de celle d'étiage avec de conséquences importantes sur les niveaux de température de l'eau, de turbidité, de vitesse du courant et d'oxygène dissous (Tableau 2).

1.1.4.1- Températures

Le climat sahélien est caractérisé par un hiver relativement long (4 mois) parfois sévère car, pendant ce temps, la température de l'eau du fleuve Niger reste souvent en dessous de 20°C et peut descendre jusqu'à 15°C. En cages flottantes, les poissons sont soumis à ces variations qui entraînent la diminution ou l'arrêt de croissance consécutive à la réduction ou à l'arrêt de la consommation d'aliment.

Ces conditions d'élevage favorisent également le développement du stress et augmentent la sensibilité des animaux aux maladies liées à une mauvaise conduite d'alimentation ou provoquées par des bactéries opportunistes du genre *aeromonas*. Les périodes de transition entre saison chaude et froide et vis-versa sont également caractérisées par des ralentissements de croissance et une sensibilité accrue des animaux aux stress. Des mortalités souvent importantes sont enregistrées à ces moments là. Ces conditions d'élevage relativement difficiles limitent la production d'alevins en étangs sur un cycle annuel amputé de la saison froide. Ce cycle unique entraîne l'augmentation de la durée des autres étapes d'élevage (prégrossissement et grossissement) et pose des problèmes de gestion des stocks et de production continue de poissons marchands.

1.1.4.2- Matières en suspension

La saison des pluies est marquée par des précipitations irrégulières et parfois très abondantes lorsqu'elles arrivent. Ces précipitations entraînent les ruissellements qui charrient dans les eaux de surface, des éléments arrachés des versants. Les eaux de surface deviennent très chargées de matières en suspension de juillet à août soit pendant deux mois dans l'année. Comme les versants du fleuve Niger sont constitués essentiellement de roches latéritiques, l'eau chargée prend une couleur rougeâtre appelée localement «eau rouge».

Dans cette eau, les taux de matières en suspension totales peuvent atteindre 15 à 25 fois leur niveau habituel (Alhassane, données non publiées). Or, à ces taux élevés, elles réduisent la transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi à quelques cm et les branchies des poissons ont tendance à se colmater ce qui aboutit à une diminution apparente de l'appétit. Durant les eaux rouges, la ration alimentaire distribuée est réduite de 75 à 100% par rapport à la normale afin de limiter les pertes en aliment. Ces réductions de consommation se traduisent chez les poissons par des baisses de croissance et des allongements dans la durée du cycle d'élevage. L'arrivée des eaux rouges provoque également la dégradation des indices de conversion alimentaire. Compte tenu de l'importance du poste aliment (50% des charges d'exploitation), la détérioration de 0,5 point de cet indice se traduit chez les producteurs par une réduction du niveau de revenu de l'ordre de 30% (Mikolasek *et al.*, 1997b).

Les périodes véritablement favorables à l'élevage d'*Oreochromis niloticus* en cages flottantes au Niger vont de mars à mai et de septembre à novembre soit 5 à 6 mois par

an. La conduite d'une telle activité exige une gestion rationnelle de la qualité de l'eau et une parfaite maîtrise des techniques de production. Cela n'est possible que dans le cadre d'un savoir-faire qui permet d'adapter les rations distribuées aux variations des conditions du milieu afin de prévenir les risques de pertes en aliments et en poissons.

L'étude socio-économique réalisée par l'ADA en 1995 a montré que les capacités d'un producteur à obtenir de meilleurs résultats sont étroitement liées au niveau d'alphabétisation nécessaire pour lui permettre de s'approprier des normes technico-économiques de l'activité en fonction des conditions du milieu d'élevage. Or, les pisciculteurs artisanaux sont encore dans leur majorité mal alphabétisés.

1.1.5- Contraintes d'ordre économique et politique

1.1.5.1- Marché

Le poisson d'élevage est vendu exclusivement sur Niamey selon un circuit court qui concerne surtout le personnel des sociétés et un circuit intermédiaire destiné aux restaurants et collectivités. Les résultats de l'étude de marché réalisée par Lobet et Diouf (1994) ont montré que le produit est globalement bien apprécié des consommateurs quelle que soit la couche sociale considérée. Il est frais, calibré à 250 g, disponible de façon permanente ce qui permet d'atténuer les fluctuations quantitatives des productions naturelles.

Cependant, son prix de vente est jugé trop élevé. Les principaux clients sont des personnes qui ont un revenu mensuel régulier donc un certain pouvoir d'achat et des restaurants qui ont une certaine notoriété, un bon chiffre d'affaires ou un nombre de couverts servis par jour assez important. Ce coût élevé par rapport au pouvoir d'achat du consommateur moyen, a limité la capacité maximale de vente autour de 6 tonnes par mois réduisant ainsi les marges bénéficiaires des producteurs (Lobet et Diouf, 1994; Mikolasek et *al.*, 1994).

En effet, malgré la dévaluation du Franc CFA intervenue en 1994 et la dépendance de la filière vis à vis de l'extérieur en ce qui concerne l'approvisionnement en certains matériels et consommables, le prix de vente du poisson n'a pas augmenté depuis 15 ans, au risque d'aggraver les difficultés de son écoulement. L'effort à fournir devrait être concentré sur la réduction ou le maintien du niveau actuel du coût de production (Mikolasek et *al.*, 1994; Baroiller, 1995). Ainsi pour assurer la viabilité économique de la filière, il faut nécessairement baisser les coûts des différentes charges de production.

1.1.5.2- Contraintes d'ordre institutionnel

La filière aquacole est née d'un projet étatique de développement avec des phases classiques (pilote et vulgarisation) contrôlées par l'administration des pêches. De ce fait, elle est considérée comme une affaire de l'Etat. Au cours de la troisième phase, cette filière a également continué de bénéficier de cette même appréciation par les différents acteurs notamment, les producteurs. Or, dans les conditions classiques du projet, on se

soucie peu des résultats parce que, les pertes d'exploitations sont systématiquement résorbées par les subventions accordées (Mikolasek *et al.*, 1997b). Par ailleurs, dans la conception initiale de ce projet, les études initiales n'ont pas mis en exergue les contraintes d'ordre économique (performances zootechniques des poissons, coûts des intrants, prévisionnels de production, situation exacte du marché en année de croisière) alors qu'elles s'avèrent *a posteriori* limitantes pour le développement de la production.

1.2- PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE *Oreochromis niloticus*

1.2.1- Systématique

Le tilapia, *Oreochromis niloticus* (*Foto foro* en djerma ou *BuKu* en haoussa, langues du Niger) appartient à la classe des *Osteichthyens*, à l'ordre des *Cypriniformes*, à la famille des *Cichlidae*. Trente trois espèces appartenant au genre *Oreochromis* ont été répertoriées à travers le monde. *Oreochromis niloticus* et *Oreochromis aureus* ont d'abord été décrites dans le genre *Tilapia*. Ce sont les travaux de Trewavas (1983) basés sur des critères éthologiques, qui ont permis de distinguer chez les tilapias, les espèces à incubation buccale exclusivement maternelle (genre *Oreochromis*) de celles à incubation buccale biparentale ou paternelle (genre *Sarotherodon*) et des pondeurs sur substrats (*Tilapia*). L'espèce *Oreochromis niloticus* est caractérisée par une seule narine de chaque côté, une nageoire dorsale longue à partie antérieure épineuse, une nageoire caudale avec des bandes régulières noires, une nageoire anale, deux nageoires pectorales et deux nageoires pelviennes (figure 6).

Les parties inférieure et supérieure du premier arc branchial possèdent respectivement 18 et 4 branchiospines (Pullin *et al.*, 1988). Le corps comprimé latéralement est essentiellement recouvert d'écailles cycloïdes et parfois cténoïdes de taille plus réduites sur le ventre que sur les flancs. La couleur de l'espèce est fonction de son habitat mais en général, elle est grisâtre, plus foncée chez l'adulte avec des flancs pâles et le ventre blanchâtre (Figure 6).

1.2.2- Répartition géographique et Importance dans le monde

La répartition géographique originelle d'*Oreochromis niloticus* est exclusivement africaine. Elle couvre les bassins du Nil, du Niger, du Sénégal, de la Gambie, du Tchad, des Voltas, du Sénégal et du Jourdain ainsi que les lacs Est africains (Phillipart et Ruwet, 1982). L'intérêt piscicole que présente cette espèce et sa tolérance aux conditions des milieux très variées ont entraîné sa diffusion à travers le monde (Figure 7), souvent très loin de sa zone d'origine (Kestemont *et al.*, 1989). Elle est actuellement présente en Asie (Israël, Philippines, Sri Lanka, Thaïlande, Bangladesh, Hong Kong, Japon, Indonésie, Vietnam), en Amérique (USA, Amérique latine) et en Europe (Allemagne, Belgique) notamment, dans les eaux de refroidissement des centrales nucléaires (Mélard et Phillipart, 1981).

Ces dernières années, l'élevage des tilapias a connu un développement important car la production totale a été multipliée par 4 en 10 ans pour atteindre plus de 1,2 million de tonnes en 2000 (source statistiques FAO). Il occupe le troisième rang mondial derrière les carpes et les salmonidés. Cette production en augmentation croissante, plus développée en Asie qu'en Afrique où les tilapias sont originaires, est essentiellement composée d'espèces appartenant aux genres *Oreochromis* et *Sarotherodon* (Lazard, 1990).

En effet, les 16 pays asiatiques producteurs de tilapias enregistrent chacun des milliers voire des centaines de milliers de tonnes par an alors qu'en Afrique subsaharienne sur les 29 pays producteurs des poissons de ce groupe, 7 seulement atteignent le seuil de 100 t/an (Pullin, 1996). Ce développement que connaît l'élevage de tilapias particulièrement en Asie s'explique, par les traditions de la région dont la production aquacole globale représente 85% du tonnage mondial (Lazard, 1990).

1.2.3- Exigences écologiques de l'espèce

Les tilapias sont des poissons originaires des régions tropicales. Ils tolèrent des gammes de températures de 16 à 42°C (Chervinski, 1982). Toutefois, leur préférendum thermique de croissance et de reproduction se situe entre 22 et 28°C (Balarin et Halley, 1982).

Les poissons de ce groupe peuvent survivre dans des conditions de faible oxygénation, de l'ordre 0,1 mg/l mais ne se développent qu'à partir de 3 mg/l. Par ailleurs, ils supportent des gammes de pH de 5 à 11 mais préfèrent des milieux neutres à légèrement basiques où le pH varie de 7 à 8 (Tableau 3).

1.3- REPRODUCTION D'*OREOCHROMIS NILOTICUS*

1.3.1- Caractéristiques

Les adultes d'*Oreochromis niloticus* ne vivent pas en couples, ceux-ci sont formés uniquement en période de reproduction (Falter, 1996; Trewavas, 1983). Pendant ce temps, les mâles actifs prennent une coloration nuptiale et se regroupent dans les zones à faibles pentes et à substrats meubles pour délimiter leurs territoires et construire des nids. Les femelles se tiennent à l'écart mais effectuent de brefs séjours en allant d'un territoire à un autre. Après la parade nuptiale et la synchronisation sexuelle, elles pondent des ovules qui sont immédiatement fécondés par les mâles et repris en bouche par les femelles. Cette opération peut se répéter plusieurs fois dans la journée. En condition expérimentale, 0,2 à 0,5 centilitres de sperme est nécessaire pour féconder 100 ovules (Chourrout et Itskovitch, 1983).

Les femelles incubant se retirent dans un endroit calme où, elles s'alimentent peu ou pas du tout. Cette phase d'incubation dure de 4 à 6 jours lorsque la température de l'eau est supérieure à 24°C. Elle est suivie d'une phase d'éclosion en 3-4 jours à 24-

27°C, de garde totale puis partielle des larves qui dure 3 à 4 jours (Rana, 1996). En élevage, le cycle reproducteur d'*Oreochromis niloticus* (de la mise en charge des géniteurs à la fin de la garde parentale) dure de 13 à 18 jours selon les conditions du milieu, (Rothbard *et al.*, 1983). En condition favorable, les femelles de cette espèce peuvent se reproduire toutes les 4 à 6 semaines (Moreau, 1979), 2 à 7 fois/an selon Mires (1982).

1.3.2- Contrôle de la reproduction

La taille de première reproduction est la longueur à partir de laquelle 50% de poissons se trouvent à un stade où une partie de leurs ovocytes est en vitellogenèse du premier cycle sexuel (Legendre et Ecoutin 1990). Elle est fonction de l'espèce et des conditions du milieu (confinement, alimentations, réactions démographiques liées au prélèvement du stock etc.). Chez *Oreochromis niloticus*, les animaux d'élevage sont mûres dès la taille de 10,3 cm soit 3 mois d'âge et toutes les femelles arrivent à maturité au cours de leur première année de vie (Mélard, 1986). Les animaux qui vivent en milieu naturel (lacs, mares etc.) ont une maturité sexuelle plus tardive que ceux d'élevage (Lowe McConnell, 1982; Noakes et Balon, 1982).

Des informations complémentaires sur la gamétogenèse sont données en annexe 1.

La reproduction des poissons est sous la dépendance des facteurs externes (milieu) mais également des facteurs internes. Dans ce dernier cas, c'est le cerveau qui est l'organe le plus concerné car, il participe à l'établissement d'un état endocrinien favorable en permettant la synchronisation des individus au moment de la reproduction (Kah *et al.*, 1993). Les organes du cerveau les plus impliqués sont l'hypothalamus et l'hypophyse. Les gonades jouent également un rôle important dans le contrôle et la régulation des différentes étapes de la reproduction des poissons.

1.3.3- Contrôle externe

La température et la photopériode sont les facteurs qui influencent le plus la reproduction d'*Oreochromis niloticus* (Hyder, 1970; Baroiller *et al.*, 1997) qui ne se reproduit qu'à partir de 22°C (Terkin-Shimony *et al.*, 1980; Philippart et Ruwet, 1982). Les faibles températures (15 à 22°C) inhibent la reproduction en retardant la spermatogenèse des mâles et en bloquant la vitellogenèse exogène chez les femelles (Jalabert et Zohar, 1982).

Chez *Oreochromis aureus* où les travaux ont été faits, la reproduction est stimulée lorsque la durée d'éclairement du jour est supérieure à 12 heures, elle est complètement inhibée à partir de 8 heures d'éclairement et 16 heures de nuit. L'optimum est de 12 heures sur 12 (Baroiller *et al.*, 1997). D'autres facteurs sociaux et environnementaux comme les comportements, la densité, le sex-ratio, la qualité et quantité d'aliment, la qualité de l'eau d'élevage et le stress peuvent moduler la périodicité de reproduction des tilapias (Mélard, 1986).

1.3.4- Contrôle interne

-Rôle de l'hypothalamus

L'hypothalamus est le siège d'intégration et de régulation de nombreuses fonctions vitales (Legendre et Jalabert, 1988). Il contrôle le fonctionnement de l'hypophyse par l'intermédiaire du noyau préoptique (NPO) et du noyau de tuber (NLT) en libérant des neurohormones comme la "gonadotropin releasing hormone" GnRH, la dopamine (Hamid *et al.*, 1993). Chez les tilapias, l'injection de l'analogue de GnRH entraîne l'augmentation de la teneur du sang en gonadotrophine hormone sécrétée par l'hypophyse (Zohar et Breton, 1986) tandis que la dopamine inhibe le fonctionnement de l'hypophyse.

- Rôle de l'hypophyse

Très peu de travaux sont réalisés sur le rôle de l'hypophyse dans la reproduction d'*Oreochromis niloticus*. En revanche, chez *Oreochromis mossambicus*, l'hypophysectomie inhibe la production des spermatocytes II (blocage de la méiose) et la spermiation des mâles, la résorption des ovocytes avec vitellus et le blocage de la vitellogenèse des femelles. L'hypophyse sécrète notamment, la gonadotrophine, la prolactine, l'hormone de croissance (GH), la thyreostimulating hormone (TSH), l'ACTH. La gonadotrophine induit chez les mâles entre autres, la production de la testostérone en stimulant les tissus interstitiels. Chez les femelles, elle entraîne au niveau de l'ovaire, la production de la progestérone et de l'oestradiol (Nagahama *et al.*, 1993). L'oestradiol intervient dans la maturation ovocytaire en stimulant la synthèse de la vitéllogénine (molécule phospholipoprotéique) au niveau des hépatocytes qui constituent la réserve nutritive du futur embryon.

La prolactine serait impliquée dans le contrôle du comportement reproducteur et des soins parentaux. Les travaux les plus répandus ont été réalisés sur *Pterophyllum scalare*, *Symphysodom aequifasciata*, *Aequidens pulcher*, espèces à comportement de ventilation des nids, chez lesquelles l'injection de cette hormone provoque l'apparition et le maintien de ce comportement. Les animaux traités deviennent plus calmes et se nourrissent moins que les témoins (Blum et Fiedler, 1965).

Chez les poissons hypophysectomisés, l'injection de la GH combinée à la GTH compense la régression gonadique et le niveau d'oestradiol (Le Gac *et al.*, 1993). Le rôle de la GH dans le contrôle de la reproduction a surtout été étudié chez les Salmonidae. Ainsi chez *Saumon coho*, cette hormone restaure la spermatogenèse et accélère le développement ovocytaire (Higgs *et al.*, 1975).

Elle est impliquée dans la maturation des cellules de la granulosa, la sécrétion de la progestérone et la stimulation de la synthèse de protéines testiculaires (Hsu et Hammand, 1983). L'élévation du niveau plasmatique de la GH indique la fin du cycle sexuel des poissons. Les autres hormones hypophysaires participent plus ou moins

directement au contrôle de certains processus liés à la reproduction (Legendre et Jalabert, 1988).

- Rôle des gonades

En plus de la production des gamètes, les gonades interviennent dans le contrôle et la régulation des différentes étapes de la reproduction. Les cellules interstitielles et les cellules lobulaires sont les sièges de la synthèse des stéroïdes chez les mâles, leurs activités augmentent avec l'évolution de la spermatogenèse et deviennent maximales à la spermiation. Les activités de ces cellules sont accompagnées de l'apparition du comportement reproducteur et d'une importante accumulation de testostérone (Hyder et Kirschner, 1969).

Chez *Oreochromis niloticus*, la testostérone est impliquée dans la prise de coloration caractéristique des mâles et des femelles prêtent à pondre, l'apparition du comportement territorial et le niveau d'agressivité des mâles (Rouger, 1996). Chez cette espèce, le niveau de 11 cétotestostérone augmente dans les testicules et le sang au cours de la maturation gonadique et de la reproduction (Hunt et al., 1992). Cette hormone intervient surtout dans le comportement de creusement du nid (Rouger, 1996). Elle serait également impliquée dans le contrôle de la sécrétion de la gonadotrophine II par l'hypophyse de *Clarias gariepinus*, (Schulz et al., 1993).

L'oestradiol intervient dans la synthèse et la sécrétion de la vitéllogénine par les hépatocytes (Chan et al., cités dans Nagahama et al., 1993). La couche thécale serait productrice de précurseurs d'œstrogènes qui sont convertis en oestradiol par la couche folliculaire. Chez *Oreochromis aureus*, le niveau plasmatique de cette hormone est corrélé positivement avec le poids des ovaires (Yaron et al., 1977). Il est plus élevé en période de reproduction qu'au repos. Celui des femelles normales est plus élevé que celui des femelles ovariectomisées (Terkatin-Shimony et Yaron, 1978). Chez *Oreochromis niloticus*, l'oestradiol induit la synthèse des protéines membranaires des œufs par les cellules du foie.

Cette hormone contrôle également l'activité de l'hypophyse par rétroaction (Hyder et Avila, 1980). L'ovaire est impliqué dans la régulation de la durée d'incubation des œufs et de garde parentale. Le maintien de follicules post-ovulatoires est lié à la présence des œufs ou des alevins dans la cavité buccale (Smith et Halley, 1987). L'ovaire est également le siège occasionnel de la synthèse de médiateur à action locale comme la prostaglandine (Ogata et al., cités dans Legendre et Jalabert, 1988).

1.4- CROISSANCE DES TILAPIAS

1.4.1- Généralités

La croissance d'un organisme recouvre l'ensemble des phénomènes définissables par des critères qualitatifs (organogenèse, croissance différentielle, synthèse biochimique différentielle etc.) ou quantitatifs (multiplication du nombre et ou de la taille des cellules,

augmentation de la taille et de la masse des organes). Ces critères peuvent évoluer simultanément ou successivement et aboutissent en général, à l'accroissement de la masse totale de l'organisme (Jalabert *et al.*, 1982). La croissance varie selon l'espèce, les conditions externes (milieu), internes (hormones ou autres facteurs de croissance) et le sexe.

Oreochromis niloticus est l'espèce qui présente le potentiel de croissance le plus élevé du groupe de tilapias (Pauly *et al.*, 1988). En élevage, lorsque les conditions du milieu sont favorables, la croissance de cette espèce est liée à la qualité et à la quantité d'aliment, aux facteurs sociaux et à la nature du sexe. Ses besoins alimentaires ont fait l'objet de nombreux travaux. Le meilleur aliment des poissons de ce groupe est celui qui contient 50% de protéines en début d'élevage (après résorption de la vésicule vitelline), 40% à 10 g et 30% à partir de 30 g (Jauncey et Ross, 1982; Pouomogne, 1994).

Avec cette ration, le taux de croissance obtenu est d'autant plus élevée que la proportion de protéines animales par rapport aux protéines végétales est forte dans l'aliment. La farine de poissons, équilibrée en acides aminés nécessaires aux besoins d'*Oreochromis niloticus*, est la meilleure source de protéine (Luquet, 1989). Toutefois, chez des jeunes stades, une amélioration de la croissance consécutive à l'augmentation de la teneur en graisse dans l'aliment a également été observée. Ces avantages de croissance diminuent à mesure que les poissons grossissent pour devenir nuls à grandes tailles (Mélard, 1986).

Ainsi, la croissance des animaux de plus de 200 g est ralentie lorsque la teneur en graisse de l'aliment excède 7% (Kubaryk, 1980 in Viola et Aneli, 1983). Cette faible utilisation de lipides résulte de l'absence de lipase dans le tube digestif des tilapias (Moriarty, 1973).

Oreochromis niloticus est une espèce planctophage, capable de s'alimenter toute la journée du fait de la taille de son estomac. L'augmentation de la fréquence de distribution d'aliment améliore le transit intestinal et par conséquent, la croissance corporelle via l'accroissement de l'absorption alimentaire (Ross et Jauncey, 1982; Pouomogne, 1994).

1.4.2- Interactions entre la reproduction et la croissance

Chez les poissons téléostéens, comme chez les autres vertébrés, la reproduction intervient à un stade de croissance variable selon les espèces et les conditions du milieu dans lequel elles vivent. L'âge de première reproduction des poissons est fortement influencé par la croissance durant les premiers mois de vie (Le Bail, 1988).

Les facteurs internes et externes qui influencent la reproduction ont des conséquences potentielles sur leur croissance chez les tilapias.

En élevage, les poissons de ce groupe ont une croissance plus rapide et une maturité sexuelle plus précoce que ceux qui vivent en milieux naturels (mares, lacs et fleuves).

Chez ces derniers, les mâles et les femelles ont des croissances comparables alors qu'en élevage, la croissance des mâles est la plus élevée (Lowe McConnell, 1982; Noakes et Balon, 1982). Chez *Oreochromis niloticus*, la croissance des femelles est inférieure à celle des mâles même lorsque les animaux sont élevés dans les mêmes conditions (Mélard, 1986). Cette différence de croissance apparaît dès 30-40 g, poids de première reproduction de l'espèce (Lazard, 1986). L'apparition précoce de la différence de croissance entre mâles et femelles est l'un des grands handicaps de l'élevage de cette espèce dont la pratique nécessite l'utilisation exclusive des mâles pour garantir sa rentabilité. En revanche, elle est sans conséquences sur l'élevage des espèces chez lesquelles le dimorphisme de croissance apparaît tardivement comme *Clarias gariepinus*.

1.4.2.1- Conséquences des dépenses énergétiques liées à l'activité de reproduction

Chez les femelles d'*Oreochromis niloticus*, les différentes étapes de reproduction notamment, la formation du vitellus, l'incubation buccale des œufs et la garde maternelle, constituent des sources de pertes importantes d'énergie au détriment de la croissance. En périodes de reproduction, les ressources tirées de la nourriture sont alors utilisées à la fois pour la croissance somatique et la production des gamètes, activités physiologiques souvent antagonistes (Iles, 1973). Cette déviation énergétique en faveur de la reproduction n'est pas le seul facteur responsable de la différence de croissance entre les mâles et les femelles. Chez les tilapias, la croissance des femelles est inférieure à celle des mâles même en absence de reproduction (Hanson *et al.*, 1983). Le jeûne total puis partiel lié à l'incubation des œufs et des larves n'est pas le principal facteur responsable du dimorphisme sexuel de croissance. En effet, chez *Sarotherodon melanotheron*, espèce à incubation buccale paternelle, ce sont toujours les mâles qui présentent les potentiels de croissance les plus élevés (Legendre, 1991).

1.4.2.2- Rôle des facteurs génétiques

L'avantage de croissance en faveur des mâles observés chez *Oreochromis niloticus* pourrait être d'origine génétique lié en particulier, à la présence du chromosome Y absent chez les femelles (Fryer et Iles, 1972; Anderson et Smitherman, 1978).

Mais les travaux de Toguyeni, (1996) ont montré que, les mâles génétiquement manipulés (YY) présentent des croissances inférieures aux mâles naturels (XY). Par ailleurs, les néomâles (XX) traités aux androgènes expriment des croissances comparables à celles des mâles naturels pendant le traitement (Hanson *et al.*, 1983; Baroiller et Toguyeni, 1996).

Ces observations laissent supposer l'influence d'autres facteurs dans l'apparition et le maintien de la différence de croissance entre mâles et femelles chez les tilapias.

1.4.2.3- Rôle des stéroïdes

Les travaux de Barras et Mélard (1996) réalisés sur *Oreochromis niloticus* ont montré qu'au stade juvénile, la croissance des mâles est d'abord inférieure à celle des femelles avant la différenciation sexuelle qui débute en premier lieu chez ces dernières. Cet avantage de croissance résulte de la présence de testostérone d'origine maternelle, hormone dont l'épuisement est suivi de la différenciation des gonades en ovaires. Ces travaux ont également montré qu'en période indifférenciée, les animaux des deux sexes suivent le même patron de croissance jusqu'à ce qu'un stimulus probablement d'origine externe déclenche l'émergence de la croissance des mâles plus élevée que celle des femelles. Ce stimulus interviendrait via l'effet anabolisant des androgènes résultant de l'évolution des gonades en testicules (Macintosh *et al.*, 1988; Baroiller, 1988).

De nombreux autres travaux ont aussi incriminé les stéroïdes dans la différence de croissance entre mâles et femelles de cette espèce (Yamazaki, 1976; Donaldson *et al.*, 1979; Meyer et Smitherman, 1996). Les plus impliqués sont les androgènes et les œstrogènes. Les androgènes sont en concentrations élevées chez les mâles, les œstrogènes chez les femelles. Les œstrogènes ont des effets anabolisants sur la croissance des mammifères alors que chez les poissons, en dehors de la plie et du *Saumon coho*, elles entraînent plutôt un ralentissement (Cowey et Sargent, 1972; Yu *et al.*, 1979).

Les androgènes induisent des effets contraires à ceux des œstrogènes. Chez *Oreochromis niloticus* et l'hybride *Red Florida*, les animaux nourris avec un aliment riche en androgène (17 α -méthyltestostérone ou 11 β -hydroxyandrosténédione) ont une croissance plus rapide que les témoins (Ridha et Lone, 1990; Toguyeni, 1992; Baroiller et Toguyéni, 1996; Desprez, 1997).

Les effets des androgènes sur la croissance des poissons se manifestent par l'augmentation de l'appétit, l'amélioration de l'indice de conversion et de rétention calorifique ce qui aboutit à la modification qualitative et quantitative du muscle (Fagerlund et Mc Bride, 1977; Higgs *et al.*, 1975; Lone et Matty, 1980).

1.4.2.4- Synergies entre les stéroïdes et les hormones thyroïdiennes

Les stéroïdes agissent également de synergie avec les hormones thyroïdiennes dont ils induisent souvent la sécrétion. Chez les poissons, l'administration de la méthyltestostérone favorise la conversion de la T4 en T3 par déiodation enzymatique dans le foie et les autres tissus. La T3 et T4 sont des hormones thyroïdiennes avec un avantage d'efficacité de la première par rapport à la seconde sur la croissance (Eales *et al.*, 1993). Le niveau de la T3 augmente avec la croissance de *Sciaenops ocellatus* (corbes rouges), alors que celui de T4 reste intact (Ducan *et al.*, 1993).

Chez les poissons téléostéens, le mauvais fonctionnement de la thyroïde se traduit par des effets négatifs sur la croissance (Jalabert *et al.*, 1982) qui sont compensés par le traitement à la thyroïde des mammifères.

Chez *Oreochromis mossambicus*, les animaux nourris avec un aliment riche en T3 ont une croissance plus rapide que les témoins. L'augmentation de cette croissance s'accompagne de celle du niveau de glucose dans le plasma. Le rôle de la thyroïde se situe dans la synthèse des protéines et son efficacité dans la cellule. La T3 intervient en particulier, dans le métabolisme protéique, glucidique et la croissance du squelette et des écailles. Les hormones thyroïdiennes contrôlent l'activité des cellules somatotropes de l'hypophyse par rétroaction négative (Jalabert *et al.*, 1982). La T3 modifie la production de l'oestradiol d'*Oryzias latipes* stimulée par la gonadotrophine en agissant directement sur les follicules ovariens (Soyano *et al.*, 1993). Chez l'anguille, le traitement à l'œstrogène entraîne l'hypofonctionnement de la thyroïde (Olivereau *et al.*, 1981).

1.4.2.5- Synergie entre les stéroïdes et les hormones de croissance

La testostérone stimule la sécrétion de l'hormone de croissance (GH) alors que l'oestradiol la réduit (Evans *et al.*, 1985). Chez *Oreochromis niloticus*, le taux plasmatique de la GH est corrélé positivement avec celui de l'hydroxyandrosténone chez les mâles (Toguyeni, 1992). L'hypophysectomie inhibe la croissance qui peut être rétablie par l'injection de la GH. Chez certaines espèces de poissons, l'administration de cette hormone entraîne des modifications favorables à la croissance dont les effets se traduisent par une augmentation durable des synthèses de l'acide ribonucléique (ARN). Le rapport ARN/ADN caractérise la croissance des poissons (Bulow, 1970). La GH est impliquée dans le métabolisme de protéines, de lipides, de glucides ainsi que la synthèse d'autres hormones à action plus ou moins directe sur la croissance (Jalabert *et al.*, 1982).

En conclusion, les androgènes et les hormones thyroïdiennes notamment la T3 ont des effets anabolisants sur la croissance, toute action synergique avec d'autres hormones impliquées dans la croissance se traduira par l'amélioration globale de celle-ci.

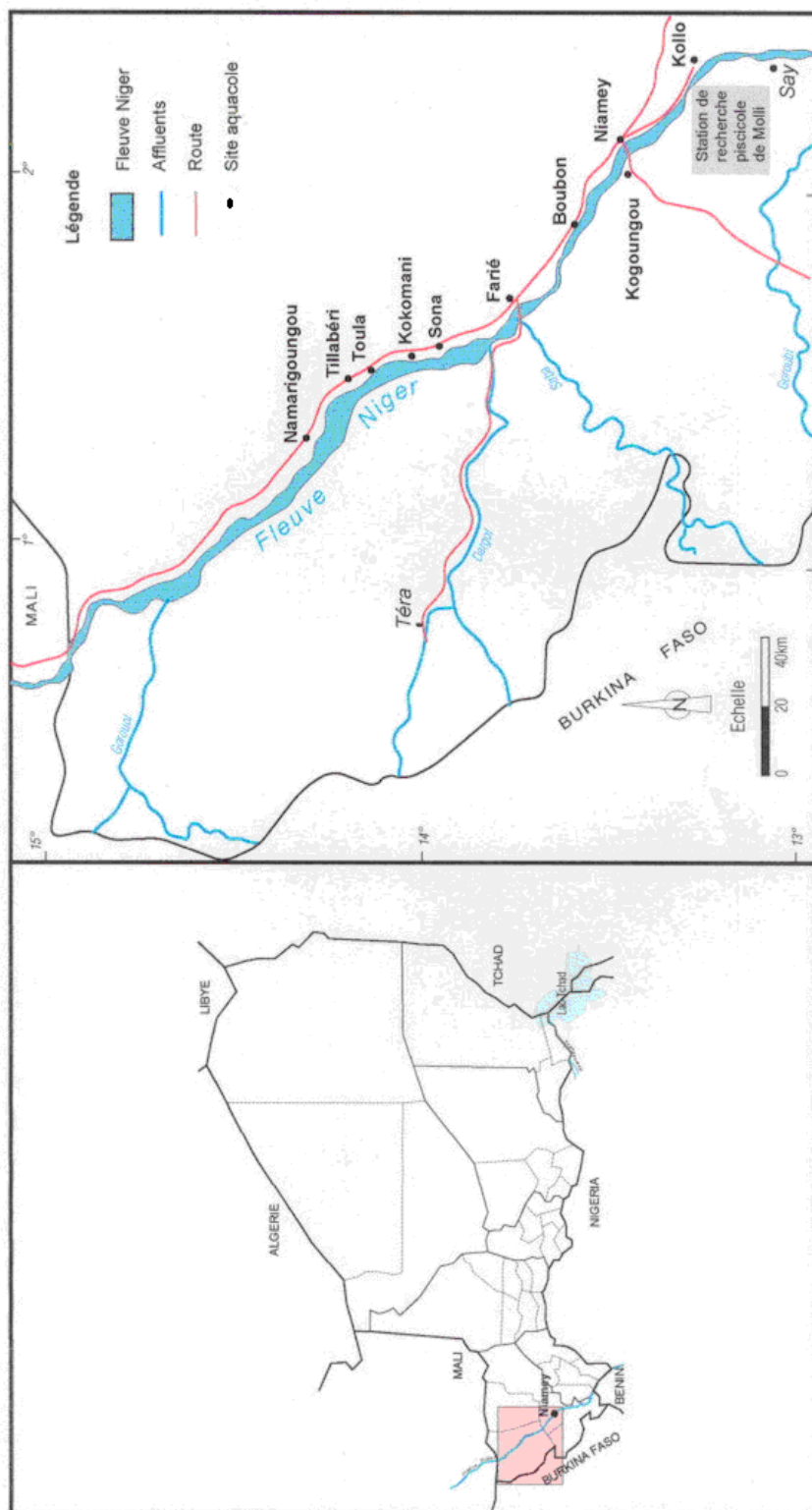


Tableau 1: Composition et présentation des différents types d'aliments fabriqués par la filière selon les stades d'élevage des poissons.

Poids des poissons (g)	Type d'aliment	Protéines brutes (%)	Ingrédients		
			Farine de poissons (%)	Son de riz/blé (%)	Tourteau d'arachide (%)
150 à 200	Pulvérulent (G1)	25	15	85	-
0,01 à 0,5-1	Pulvérulent (FP)	>45	100	-	-
0,5 à 1	Pulvérulent (F1)	35 à 37	20	40	40
0,5-1 à 5	Pulvérulent (F1)	35 à 37	20	40	40
5-10 à 25	Granulés 2 mm (F2)	35 à 37	20	40	40
>25	Granulés 2 mm (F2*)	38 à 40	40	60	-
25 à 140-250	Granulés 3 mm (P2)	33 à 35	10	45	45

Source: Gestion biotechnique des exploitations artisanales de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes dans le fleuve Niger (Niger) ISTA IV. (Mikolasek *et al.*, 1997).

Tableau 2: Caractéristiques des différentes périodes hydrologiques du fleuve Niger au Niger

Périodes	Durée (j)	T°C	Débit (m³)	Turbidité	Niveau de risque	Saison
Avril à mi-juillet	75-105	24-32	41-274	Faible	Très faible	Chaude
Juillet à août	30-60		58-1276	Très forte	Variable	
mi-août à mi-novembre	45-90		751-1462	Faible	Très faible	
mi-novembre à mi-décembre	30	20-24	1404-1534		Moyen	Froide
mi-décembre à fin février	75	15-20	658-1576		Faible	
Mars à début avril	30	20-24	250-642		Très fort	

Source: Gestion biotechnique des exploitations artisanales de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes dans le fleuve Niger (Niger), ISTA IV. Mikolasek *et al.*, (1997).



**Figure 5: Train de cages flottantes installées dans le fleuve Niger (site de Garou)
(photo M. Alhassane)**



**Figure 6: *Oreochromis niloticus* (linneaus, 1758) souche Niger, mâle de 300 g.
(photo M. Alhassane)**

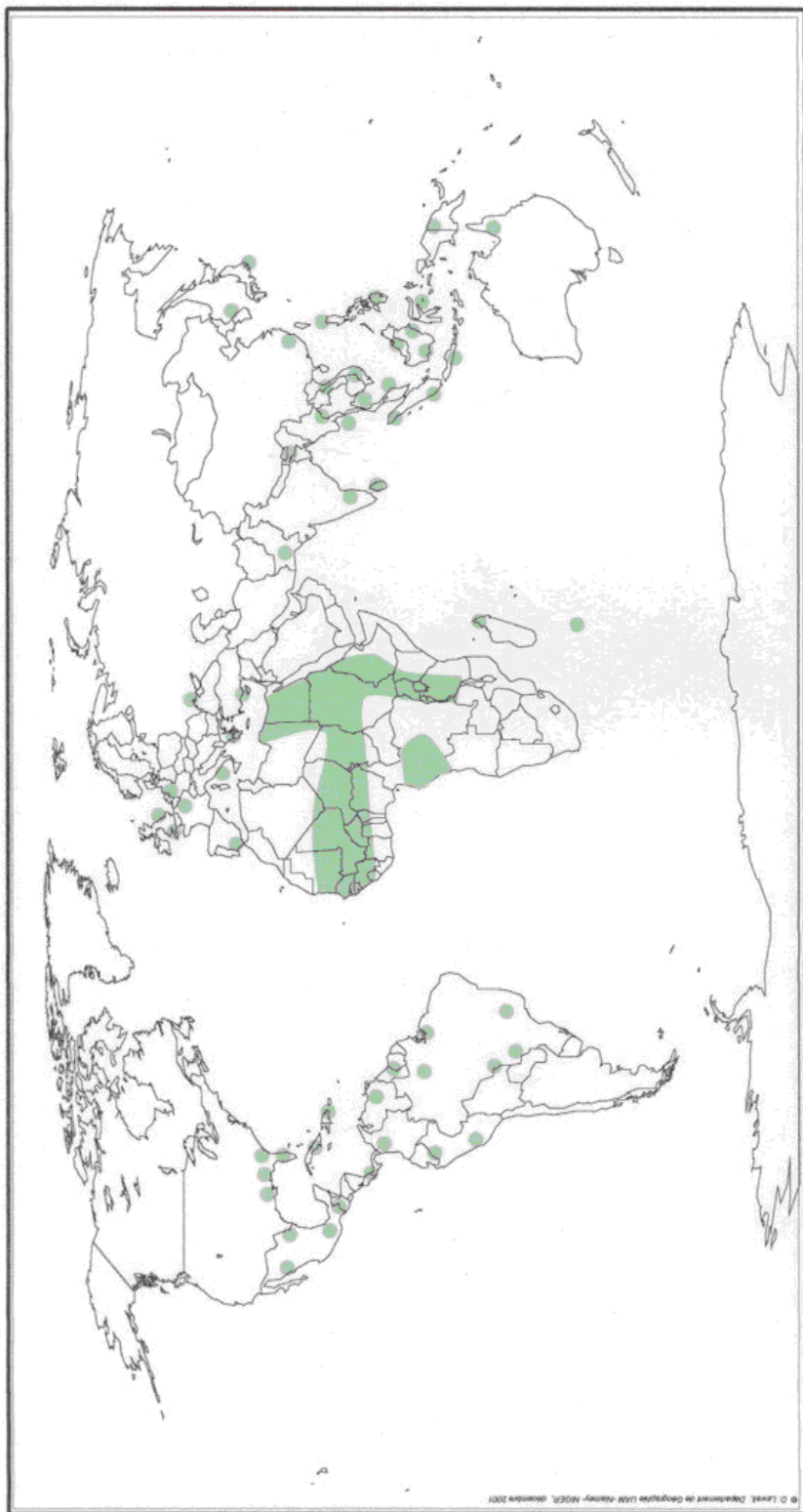


Figure VI : aire originale (bande verte) et principales introductions (points verts) d'*Oreochromis niloticus* dans le monde

Tableau 3: Limites de tolérance et préférendum physico-chimique d'*Oreochromis niloticus*.

Paramètres	Limites	Remarques	Auteurs
Température (°C)	6,7 - 42	Valeurs extrêmes lors d'acclimatation progressive	Denzer, 1967 Lee, 1979 Huet, 1970
	21 - 30	Température requise pour le développement des caractères sexuels secondaires, la reproduction et la croissance	Fryer et Iles, 1972 Lietar, 1984
Oxygène(mg/l)	0,1	Survie quelques heures en respiromètre	Magid et Babiker, 1975 Welcomme, 1967 Rappaport <i>et al.</i> , 1976
	< 25% de saturation	Réduction dans la vitesse de croissance	
	2 - 4	Valeurs recommandées	
pH	5 -11	Limites de tolérance	Chervinski, 1982 Huet, 1970
	7 - 8	Valeurs recommandées pour l'élevage	
Turbidité (mg/l)	Tolérance forte	Action indirecte via la productivité de l'étang	Huet, 1970 Okorie, 1975
	> 13.000	Hyperplasie des branchies	
NH ₃ -N (mg/l)	> 2,3	Valeurs léthales au-delà,	Balarin et Haller, 1982
	> 0,5	Affectations des branchies et mortalité si chute d'oxygène ou manipulations fréquentes des poissons	
NO ₂ -N (mg/l)	> 2,1	Concentration léthale (CL 50)	Balarin et Haller, 1982

Source: Les méthodes de production d'alevins d'*Oreochromis niloticus*, FAO ADCP/REP/89/46. Kestmont *et al.*, (1989).

II- MATERIEL ET METHODES



**Figure 8 : Vue aérienne de la Station de Recherche Piscicole de Molli
(photo O. Mikolasek, CIRAD-EMVT)**

2.1- SITE ET INFRASTRUCTURES EXPÉRIMENTALES

Les différentes expérimentations menées dans le cadre de ce travail ont été réalisées à la station de recherche piscicole de Molli. Cette station, qui relève de l'Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN), est construite sur le lit majeur du fleuve Niger à environ 35 km en aval de Niamey, à proximité du village pêcheur de Molli dont elle porte d'ailleurs le nom (Figure 4). Elle est composée de bureaux, d'un laboratoire, d'un hall d'aquaculture, de deux plates-formes d'étangs et d'une unité de cages flottantes sur le fleuve (Figure 8).

2.1.1- Aquariums

Une vingtaine d'aquariums est installée dans un hall de 200 m² (10 m x 20 m). Cet abri est équipé de deux canalisations qui amènent respectivement l'eau issue du forage via un réservoir de 25 m³ et l'air fourni par un surpresseur de 170 m³/h. Un câblage électrique aérien assure l'alimentation en courant de 220 volts. Cet approvisionnement électrique est sécurisé par un groupe électrogène de secours. Les aquariums ont un volume de 240 litres chacun et fonctionnent en circuit fermé individuel grâce au système «air lift» (Figure 9).

Les aquariums sont utilisés pour la production d'alevins d'âges connus, les tests de sensibilité de la souche aux traitements d'inversion du sexe (100 individus/aquarium) et l'étude de comportement social (16 alevins d'environ 25 g/aquarium). Pendant les expérimentations, les aquariums sont régulièrement siphonnés et nettoyés une fois par semaine.

2.1.2- Etangs

La station dispose de 16 étangs (12 de 100 m² et 4 de 200 m²) destinés pour la recherche (Figure 10). Ils sont construits en remblais pour permettre la vidange gravitaire de l'eau d'élevage mais l'alimentation en eau se fait par pompage à partir du fleuve Niger au moyen d'une électro-pompe «Flygt» de 40 l/s.

- Préparation des étangs

Avant chaque expérimentation, les étangs sont curés puis fertilisés avec de la chaux et de la litière de volaille ou de contenus de rumen (préparée sous forme de compost) appliquées respectivement à 700 g/are/jour et à 2 tonnes de matières sèches/ha/an. Leurs arrivées d'eau (vannes) sont munies de tamis à mailles fines (500µ) pour prévenir les risques de contamination par des espèces sauvages lors des pompages.

- Mise en charge des étangs

Les étangs sont consacrés à la production d'alevins et à leur élevage jusqu'à 25 g. Pour la production d'alevins, la densité de mise en charge des géniteurs est de 68 géniteurs par are avec un sex ratio d'un mâle pour trois femelles. Les alevins

issus des étangs de reproduction (10 mg) sont transférés vers d'autres étangs et transférés vers d'autres étangs et élevés à la densité de 10.000 individus/m².

2.1.3- Cages flottantes

La station dispose de 36 cages flottantes installées dans le fleuve Niger, à la hauteur de la station de pompage. Chaque cage comprend, une structure flottante qui supporte une poche immergée de 4,9 m³ (1,75 x 1,75 x 1,6 m). La poche est fabriquée avec du grillage plastique Nortene de 14 mm de maille. Ce modèle de cage (Figure 11) est inspiré de celui utilisé par les pisciculteurs (cages de 20 m³ voir Figure 5) mais de taille réduite (le ¼) afin de reproduire les conditions d'élevage comparables.

Les cages sont utilisées pour le suivi de croissances et la production des géniteurs à partir des alevins de 25 g. Ces alevins sont mis en charge à la densité de 150 à 300 individus/cage.

2.1.4- Hapas

Les hapas sont des poches de 3,26 m³ (1,65 x 1,65 x 1,20 m), confectionnées avec du grillage plastique Nortène à mailles fines (1 mm). Ils sont fixés à l'intérieur des étangs de 200 m² et maintenus à 20 cm du fond grâce à des piquets (Figure 12).

Les hapas sont utilisés pour la production massive des populations monosexes mâles par inversion hormonale. Les alevins (10 mg) directement issus de la récolte continue en étangs de reproduction sont mis en charge à la densité de 4600 individus/hapas.

2.2- MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les animaux utilisés sont issus des géniteurs dont le stock fondateur provient de la ferme d'alevinage de Sona. Il s'agit de la souche *Oreochromis niloticus*, issue du fleuve Niger (Figure 6), qui a été domestiquée depuis 1982 (Lazard et Rognon, 1997).

2.2.1- Production d'alevins d'âge connu en aquarium

Dans nos conditions, les alevins d'âge connus sont produits en aquariums à partir des géniteurs naturels (XX pour les femelles et XY pour les mâles) de 150 à 200 g. Après leur introduction en aquariums de reproduction, les géniteurs (un mâle et trois femelles) sont surveillés pour détecter la présence de la femelle prête à pondre.

Elle est caractérisée par une papille génitale protubérante ainsi que la dilatation bucco-pharyngienne. Dès qu'elle est identifiée, les autres sont retirées pour la laisser dans l'aquarium avec le mâle. Après la ponte et la fécondation des ovocytes, le mâle est retiré à son tour. La femelle incubant est régulièrement surveillée pour repérer les premiers lâchés d'alevins qui marquent la fin de l'éclosion. Dès que ce stade est atteint, elle est reprise dans une épuisette à double maille qui par agitation permet de cueillir les alevins dans un compartiment différent de celui de la femelle. Celle-ci est ensuite récupérée et placée dans un aquarium de repos après vérification de l'absence d'alevins dans sa cavité buccale. Les alevins sont conservés par ponte dans les aquariums de reproduction avant leurs répartitions pour les différents traitements.

2.2.2- Production d'alevins de 10 mg en étangs

Les alevins de 10 mg sont pêchés en étangs de reproduction à partir d'environ 11 jours (J11) après l'introduction des géniteurs, lorsqu'ils se déplacent en bandes aux heures chaudes de la journée. A ce stade, ils sont encore sous la protection de leur mère. La récolte se fait avec des épuisettes aux abords des étangs de reproduction.

Les épuisettes sont munies d'un manche long pour permettre d'atteindre les différentes parties des étangs et d'une poche fabriquée avec du filet à mailles fines (500 μ) pour ne pas laisser échapper les alevins capturés.

2.2.3- Production de fingerlings en étangs

Les fingerlings proviennent d'alevins de même âge, élevés en étangs de 0,01 à 25 g. Ces animaux d'environ 120 jours d'âge sont individuellement mesurés, pesés, sexés et triés de façon à constituer, en fonction des besoins, des lots monosexes mâles ou femelles homogènes. Les mesures individuelles de tailles sont effectuées avec un ichtyomètre gradué en mm et celles de poids avec une balance OHAUS© de précision 0,01 g.

2.2.4- Production et préparation des géniteurs en cages

Les géniteurs utilisés sont issus des fingerlings obtenus à partir de la technique décrite ci-dessus. Ces animaux de 25 g sont élevés en cages flottantes, par sexe séparé afin de prévenir les risques de reproductions sauvages. Ils sont nourris à l'aliment F2* qui apporte environ 40% de protéines brutes (Tableau 1). La ration alimentaire «calée» à 5% de la biomasse, est divisée en deux repas distribués à 9 heures et à 16 heures en partie ou en totalité selon l'appétit des animaux.

A la fin du cycle d'élevage (environ 8 mois), les lots des géniteurs sont constitués à partir d'animaux sélectionnés sur la base de leurs poids corporels de manière que, ceux de même sexe soient de poids homogènes et que les mâles soient plus gros que les femelles.

2.3- ALIMENTATION

2.3.1- Préparation de l'aliment «hormonné» et traitement

Deux types d'aliment sont utilisés dans le cadre de la technique d'inversion du sexe: le Biomar starter importé qui contient 45% de protéines et la farine de poisson. Ces aliments sont mélangés à l'hormone via l'éthanol 95. La technique de fabrication d'aliment «hormonné» consiste à peser et à placer la quantité d'aliment prévue dans une bassine. En fonction de la dose à appliquer, le volume de la solution hormonale est prélevé à la pipette puis versée dans l'aliment. Après une première homogénéisation, 500 ml d'alcool/kg d'aliment sont ajoutés pour assurer une meilleure répartition de l'hormone. L'aliment ainsi préparé est utilisé après évaporation de l'alcool en l'exposant pendant 24 à 48 heures à l'abri du soleil et à la température ambiante afin de préserver l'efficacité de l'hormone. L'aliment témoin est obtenu à partir du même procédé mais cette fois, en omettant l'hormone.

2.3.2- Conduite de l'alimentation

En grossissement en cages, les animaux sont nourris avec un aliment binaire (40% de farine de poisson et 60% son de riz soit 38 à 40% de protéines brutes) à hauteur de 5% de leur biomasse (Tableau 1). Cette ration alimentaire, distribuée deux fois par jours à 9 et 16 heures, est corrigée sur la base des résultats de pêche de contrôle qui se fait généralement tous les 30 jours.

En reproduction en étangs, les géniteurs reçoivent un aliment binaire (15% farine de poissons et 85% son de riz soit 25% de protéines brutes) à hauteur de 1,5% de leur biomasse.

La technique de nourrissage consiste à calculer et à peser la ration alimentaire selon la biomasse de poissons qui se trouvent dans la structure d'élevage (cage ou étang). La ration ainsi déterminée est distribuée en petite quantité aux poissons qui remontent en surface à la recherche de l'aliment. La distribution d'aliment est arrêtée lorsque que les poissons apparemment «rassasiés» cessent de remonter en surface. Ce mode de nourrissage, qui dure de 15 à 20 mn/repas/cage ou étang, permet de réduire les pertes en aliment non consommé en ajustant les quantités distribuées aux besoins «manifestés» par les animaux.

La quantité d'aliment distribuée (QAD) correspond à la différence entre la quantité théorique calculée à 5% ou 1,5% de la biomasse et le reste non distribué aux poissons.

2.4- LES SEXAGES

2.4.1- Sexage manuel

Le sexage manuel consiste à distinguer les mâles des femelles par observation de la papille génitale (Figure 13). Les mâles ont une papille génitale protubérante en forme de cône qui porte un pore uro-génital à l'extrémité alors que, celle des femelles est arrondie et plus petite avec une fente transversale au milieu ou pore génital et un pore urinaire à l'extrémité (Kestemont et *al.*, 1989). Les lots de fingerlings mâles ou femelles sont constitués par sexage manuel réalisé sur des animaux d'environ 25 g sous une loupe (x 40) afin de supprimer les risques d'erreurs de diagnostic à l'œil nu.

2.4.2- Sexage précoce par observation du squash gonadique

La technique du squash gonadique consiste à sacrifier des alevins de 60-90 jours d'âge, période à partir de laquelle les caractéristiques histologiques des gonades sont en place (Baroiller, 1988). A cet âge, soit un poids corporel d'environ 5 g, tous les alevins à sexer sont disséqués et une portion de leur gonade est prélevée, puis écrasée entre lame et lamelles pour être observée au microscope (x 100). Chez les mâles, apparaissent des lobules contenant des cystes, des cellules synchrones en développement. Les animaux les plus avancés possèdent des spermatides et/ou des spermatozoïdes dans la lumière des lobules. Les femelles sont caractérisées par la présence d'une cavité ovarienne, des cellules rondes à gros noyaux avec nucléoles (Figure 14). Des ovocytes peuvent être observés à différents stades (auxocytose, prévitellogenèse ou vitellogenèse).

2.5- MESURE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

2.5.1- Paramètres physico-chimiques de l'eau

La vitesse du courant est mesurée avec un moulinet OTT 10.002 à 10-15 cm de profondeur dans le fleuve au niveau de deux zones d'élevage (la zone de fort courant et la zone morte) une fois par semaine;

Le taux d'oxygène dissous est mesuré avec un oxymètre YSI modèle 51B dans les différentes structures d'élevage (étangs, aquariums cages et hapas) deux fois par jours le matin à 7 heures et l'après midi à 16 heures;

Le pH est mesuré avec un phmètre WTW 192 les différentes structures d'élevage (étangs, aquariums, cages et hapas) à un rythme qui varie d'une fois par jour à une fois par semaine selon les cas;

Les températures mini-maxi déterminées à l'aide des thermomètres minima-maxima placés de manière permanente dans toutes les structures d'élevage

(étangs, cages, aquariums et hapas) et relevés toutes les 24 heures puis remis à zéros.

2.5.2- Paramètres zootechniques

- la Survie (S) en % = $\text{Nombre final} \times 100 / \text{Nombre initial}$; Le nombre final est déterminé par comptage systématique des poissons à la fin de l'expérience. Toutefois, au cours des différentes expériences, les mortalités observées sont régulièrement relevées, sexées et pesées.
- le Gain de Biomasse Global (GBG) en g = Biomasse finale – Biomasse initiale;
- la Croissance Journalière Individuelle (CJI) en grammes par jour = $\text{Poids moyen individuel final en g} - \text{poids moyen individuel initial en g} / \text{durée d'élevage en jours}$;
- le Coefficient de Variation de taille (CV) indique la dispersion de tailles autour de la moyenne, c'est le rapport de l'écart type sur la moyenne exprimée en pour-cent;
- le Taux de Consommation d'aliment (TC) en % = $\text{Quantité d'aliment distribuée (QAD)} \times 100 / \text{quantité d'aliment théorique calculée à hauteur de 5\% ou 1,5\% de la biomasse}$;
- l'Indice de Conversion (IC) = $\text{Quantité d'aliment distribuée en g (QAD)} / \text{Gain de Biomasse Global en g}$;
- le coefficient de condition (K) en % = $\text{Poids corporel en g} \times 100 / (\text{longueur totale élevée au cube en mm})$.
- le coefficient de corrélations indique le lien qui existe entre deux paramètres. Il varie de +1 à -1, plus il tend vers +1 plus les liaisons sont fortes et les deux paramètres concernés évoluent dans le même sens, à 0 il n'y a aucune liaison, vers -1 les liaisons sont fortes et les deux paramètres évoluent en sens inverse.

2.5.3-Traitements statistiques

Les comparaisons des moyennes et les analyses de variances sont effectuées respectivement aux tests de Student et de Duncan lorsque les données suivent la loi de Gauss, au test de Khi-deux pour les proportions. Ces différents tests sont appliqués au seuil de 5% pour les différences significatives et de 1% pour les différences hautement significatives, avec le logiciel de statistiques SPSS (version 9.0 Modèle 1998). Les conditions particulières de leurs applications sont précisées dans le texte.



**Figure 9 : Aquariums de la Station de Recherche de Molli
(photo O. Mikolasek, CIRAD-EMVT)**



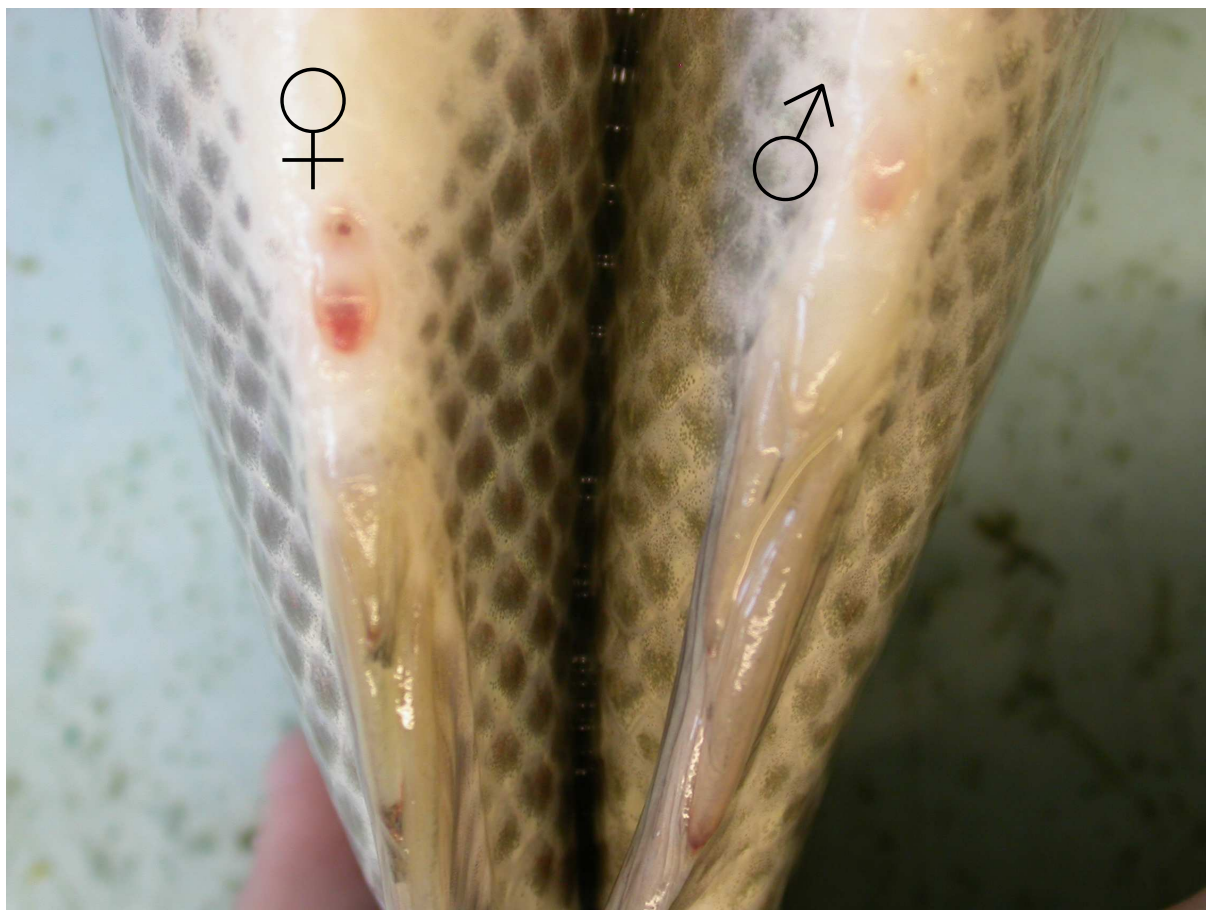
**Figure 10 : Etangs de la Station de Recherche de Molli
(photo O. Mikolasek, CIRAD-EMVT)**



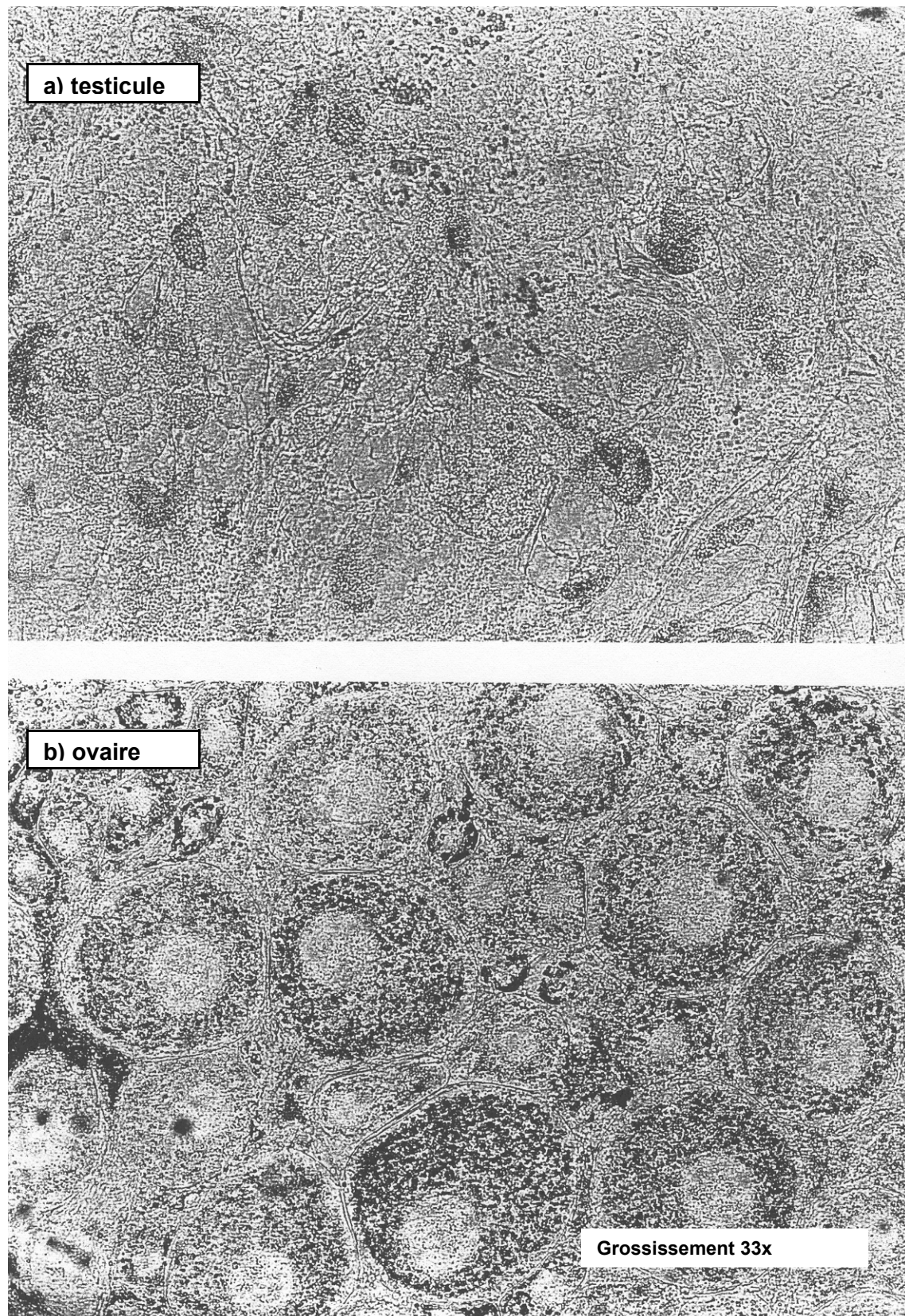
**Figure 11 : Cages flottantes de la Station de Recherche de Molli
(photo O. Mikolasek, CIRAD-EMVT)**



Figure 12 : Hapas installés dans les étangs de 200 m², Station de Recherche de Molli (photo O. Mikolasek, CIRAD-EMVT)



**Figure 13 : sexage manuel par observation de la papille génitale
(photo M. Derivaz, CIRAD-EMVT)**



**Figure 14 : Sexage précoce par observation du squash gonadique
(photo J.F. Baroiller, CIRAD-EMVT ; A. Toguyéni, Université
Polytechnique de Bobo-Dioulasso – Burkina-Faso)**

III- OPTIMISATION DE LA PRODUCTION D’ALEVINS EN ETANGS

3.1- EFFETS DE L'AUGMENTATION DES FRÉQUENCES DE RÉCOLTE SUR LA PRODUCTION D'ALEVINS

3.1.1- Introduction

L'augmentation des fréquences de récolte d'alevins sont des pratiques connues pour améliorer la productivité des géniteurs incubateurs buccaux (Guerrero et Guerrero, 1985 ; Guerrero, 1986 ; Guerrero, 1987a ; Verdegem et Mc Ginty, 1987 ; Ambali et Little, 1996 ; Baroiller et *al.*, 1997). Les femelles de cette espèce pratique la garde parentale avec une étape de sevrage partiel avant de lâcher définitivement leurs progénitures. A ce moment, les alevins se déplacent en groupe à la surface des étangs et peuvent être capturés avec des épuisettes. Cette amélioration de la production d'alevins est d'autant plus importante que les fréquences de récolte sont élevées.

Dans notre cas, l'application d'une technique de récolte qualifiée de «continue» au lieu de «périodique» devrait se traduire par un accroissement du niveau de la production d'alevins.

L'objectif de ce travail est de comparer l'efficacité, en terme de nombre d'alevins récoltés :

- la technique de récolte «continue», pluri-journalière à partir de l'apparition des alevins à la surface de l'étang,
- à la technique de récolte «périodique», bi-mensuelle à partir du 45^{ème} jour et actuellement utilisée au Niger.

L'expérience, conduite en étangs de 100 m², est calée sur une durée totale de 45 jours qui correspond à la première pêche de la récolte «périodique» qui est aussi la plus productive.

3.1.2- Protocole expérimental

Les géniteurs utilisés sont obtenus à partir de la technique de production décrite au chapitre 3. Un lot de 272 individus est sélectionné puis introduit dans 4 étangs de 100 m² (1R2, 1R4, 1R9 et 1R11) à raison de deux étangs par technique de récolte. La densité de mise en charge et le sex ratio utilisés, respectivement de 68 individus par are et d'un mâle pour trois femelles, sont les mêmes au niveau des deux techniques de récolte (Figure 15).

1R2 17M: pm = 227,05 g σ 17,14 51F: pm = 172,45 g σ 15,35	1R9 17M: pm = 230 g σ 15,71 51F: pm = 170,15 g σ 13,64
1R4 17M: pm = 234,11 g σ 13,49 51F: pm = 168,92 g σ 14,32	1R11 17M: pm = 225,23 g σ 19,21 51F: pm = 173,16 g σ 13,92

1R2 et 1R4: étangs concernés par la récolte périodique; 1R9 et 1R11: étangs concernés par la récolte continue; pm: poids moyen; σ : écart-type. M : mâles ; F : femelles

Figure 15: Dispositif expérimental pour comparer l'efficacité de la technique de récolte continue à celle de la récolte périodique.

Ces géniteurs sont nourris avec de l'aliment G1 à 1,5% de leur biomasse. Cette ration alimentaire est divisée en deux repas qui sont distribués à 9 heures et à 16 heures.

Par ailleurs, les conditions d'élevage sont suivies à travers les mesures des températures minimales et maximales journalières de l'eau d'élevage et celles de taux d'oxygène dissous.

La technique de récolte «périodique» consiste à pêcher tous les alevins le même jour soit 45 jours après l'introduction des géniteurs par passages répétitifs à la senne. En revanche, celle de récolte «continue» repose sur la surveillance permanente des abords des étangs au début de la deuxième semaine après l'introduction des géniteurs, afin de détecter la présence d'alevins. A ce stade, ils se déplacent en bandes surtout aux heures chaudes de la journée. La récolte commence dès leurs apparitions avec des épuisettes et se poursuit plusieurs fois par jour jusqu'à épuisement de la production. Ainsi, les deux techniques se distinguent l'une de l'autre par le mode et la fréquence de récolte d'alevins.

Dans les deux cas, le nombre récolté par pêche est déterminé par comptage systématique. Si celui-ci atteint 300 individus ou plus, un échantillon de 100 est prélevé au hasard sur lequel est mesurée la longueur individuelle totale afin de connaître la dispersion des tailles dans les lots.

A la fin de l'expérience, le 45^{ième} jour, les alevins sont d'abord récoltés à l'épuisette dans le cas de la technique «continue» et à la senne dans le cas de la technique «périodique». Ensuite, ceux qui échappent à ces récoltes sont récupérés lors de la vidange totale des étangs grâce à des filets à mailles fines placés à cet effet à la sortie des tuyaux d'évacuations des eaux. Sur la totalité des alevins issus des récoltes et sur la totalité des «échappés», un échantillon de 100 alevins est également prélevé au hasard afin de déduire la dispersion des tailles des «échappés». Les géniteurs sont capturés puis individuellement sexés, pesés, mesurés et comptés.

L'évolution des paramètres zootechniques des géniteurs au cours de la reproduction est déterminée à partir du gain de biomasse global, de la survie et du coefficient de condition. Ces différents paramètres sont comparés, aux tests de Duncan au seuil de 5% pour des différences significatives et 1% pour des différences hautement significatives.

3.1.3- Résultats

L'expérience a duré 45 jours (02/05/98 au 17/06/1998). Elle a été réalisée dans des conditions de températures minimales et maximales journalières respectives de 24,5 et 35,5°C (Figure 16) et des taux d'oxygène dissous qui varient de 5 mg/l à la mi-journée à 2 mg/l durant la matinée.

Les alevins produits par récolte «périodique» sont récupérés après 4 passages successifs au filet suivis de la vidange totale des étangs. L'exploitation d'alevins provenant de la récolte «continue» a débuté 10-11 jours après l'introduction des géniteurs. La production totale est obtenue en 31 jours de pêches avec une fréquence moyenne de 6 pêches/jour. Elle est sept fois plus élevée que celle issue de la récolte périodique. En revanche, la récolte périodique est caractérisée par des alevins de tailles significativement plus élevées et plus hétérogènes (Tableau 4).

Chez les géniteurs, la survie varie de 82 à 100%, elle est indépendante de la technique utilisée. Les gains moyens de biomasse sont positifs chez les mâles alors que chez les femelles, ils sont plutôt négatifs sauf chez celles de l'étang 1R4. Dans cet étang, le gain de biomasse global des mâles est significativement plus faible ($p>0,05$) que celui des mâles des autres étangs.

En fin d'expérimentation, les coefficients de condition des mâles sont plus élevés que ceux des femelles à l'exception de celui des femelles de l'étang 1R4 chez lesquelles, il est supérieur à celui des mâles de manière significative ($p>0,05$). Dans ce même étang, le coefficient de condition des mâles est en revanche, le plus faible, avec des différences significatives ($p>0,05$), comparé à celui des mâles des autres étangs (Tableau 5).

3.1.4- Discussions

Le rendement en alevins obtenu au cours de nos expériences réalisées à partir de la technique de récolte continue est plus élevé que celui des Philippines issu de la même méthode (Guerrero, 1986; Guerrero, 1987b). De même, le rendement obtenu avec la technique de récolte périodique est 2,7 fois plus élevé que celui régulièrement enregistré par la filière sur la station d'alevinage de Sona (Lazard, 1984) qui utilise la même technique (Tableau 6). Dans notre expérience, la production d'alevins est sept fois plus importante par la méthode de récolte continue comparée à celle « périodique ».

L'exploitation d'alevins par la technique de récolte «continue» commence 10 à 11 jours après l'introduction des géniteurs, lorsque les premières bandes apparaissent à la surface des étangs. Ce délai est proche de 12-14 jours rapporté par Guerrero, (1986). C'est le stade de sevrage partiel, moment à partir duquel les alevins quittent provisoirement la bouche de leur mère et n'y reviennent qu'en cas de danger (Tacon *et al.*, 1996). Cette durée correspond aux périodes de l'incubation des œufs et du début de garde parentale (Kestemont *et al.*, 1989) car, chez cette espèce, les délais de formations de couples et de fécondation sont brefs (Trewavas, 1983; Falter, 1996).

Les alevins issus de cette technique sont de taille homogène (8 à 11,5 mm) non seulement au cours des récoltes intermédiaires mais aussi lors de la vidange de l'étang. L'augmentation de fréquences de pêches favorise l'homogénéité de tailles d'alevins ce qui se traduit vraisemblablement par la baisse de la prédation des plus petits alevins par les alevins les plus gros. Elle permet également de séparer très rapidement les alevins des géniteurs et de limiter ainsi cette autre forme de prédation quoi qu'elle soit de loin la moins importante (Baroiller et Jalabert, 1989).

Les alevins issus de la technique de récolte périodique sont pêchés 45 jours après l'introduction des géniteurs. Ils sont caractérisés par une forte variabilité des tailles, résultant du mélange d'individus nés tout au long de cette période. Or, le stockage d'alevins d'âges différents pendant une période relativement longue, entraîne le développement du cannibalisme (Guerrero, 1986). Chez *Oreochromis niloticus*, une différence d'âge de quatre jours suffit pour favoriser son apparition (Gregory, 1987). L'auteur ajoute que, des pertes importantes en alevins pourraient être enregistrées lorsque la différence d'âge excède 24 jours. Uchida et King (1962) rapportent que, les alevins de tilapias de 20,4 mm sont capables de tuer ou de consommer les juvéniles de 10 mm, ceux de 64 mm peuvent tuer ou consommer ceux de 24,5 mm. Les fingerlings de 80-90 mm peuvent consommer les alevins de 20 mm (Silvera, 1978). Macintosh et Little, (1995) estiment, entre 10 et 35% de la production totale, les pertes occasionnées par le cannibalisme chez *Oreochromis niloticus*.

Même en conditions d'hétérogénéité de tailles, l'importance du cannibalisme chez cette espèce est fonction de la quantité et la qualité de l'aliment pour les stades larvaires disponibles (Macintosh et De Silva, 1984; Wantanabe *et al.*, 1996). En absence d'une alimentation appropriée, le cannibalisme apparaît au bout de 3 jours entre les alevins d'âges différents (Pantastico *et al.*, 1988). Selon ces auteurs, 5 jours plus tard, 94% des jeunes alevins peuvent être mangés par les plus âgés alors que dans le même temps, l'apport d'une alimentation appropriée à base notamment de proies vivantes, réduit ces pertes en alevins de 87%.

Or, avec la technique de récolte périodique de notre expérience, les alevins ne sont pas nourris de façon spécifique. Ils bénéficient de phytoplancton et zooplancton résultant de la fertilisation des étangs et de la minéralisation d'une partie de l'aliment non ingérée par les géniteurs. Dans de telles conditions de production, la prédation des jeunes alevins va se trouver favorisée par l'absence d'une alimentation larvaire spécifique et provoquer ainsi des pertes de productions importantes, responsables ne serait-ce qu'en partie, de l'écart enregistré entre les deux techniques.

L'avantage de production induit par l'augmentation des rythmes de récolte se fait aussi à travers l'augmentation des fréquences des pontes des femelles par la réduction de la durée de leur cycle sexuel (Obi *et al.*, 1993; Little *et al.*, 1993). Chez les espèces du genre *Oreochromis*, l'intervalle de temps entre deux pontes successives varie de 40 à 50 jours lorsque l'incubation des œufs est menée à son terme (Mélard et Phillipart, 1981). Elle descend jusqu'à 6 jours si la progéniture est immédiatement retirée de la bouche des femelles (Lee, 1979; Desprez, 1992). En hapas, l'intervalle de temps entre deux pontes successives varie de 7 à 12 jours lorsque la progéniture est régulièrement prélevée (Siraj *et al.*, 1983) alors qu'elle peut atteindre 28 à 42 jours en conditions normales (Moreau, 1979 ; Mélard, 1986 ; Kestemont *et al.*, 1989).

Smith et Halley, (1988), Gautier *et al.*, (1996) ont rapporté que la suppression ou le maintien de la progéniture dans la bouche de la femelle se traduit par la réduction ou l'allongement de l'intervalle de temps entre ponte. L'action se manifeste par la stimulation ou le ralentissement de la vitellogénèse (Smith et Halley, 1988; Baroiller *et al.*, 1997).

Tacon *et al.*, (1996) rapportent que, dans la durée du cycle sexuel des femelles, le développement de l'ovaire est plus lent pendant la phase de garde parentale. Elle correspond également au moment où les alevins sont prélevés par la technique de récolte continue.

L'application de la technique de récolte continue provoque donc une réduction importante dans la durée du cycle sexuel des femelles et par conséquent, induit une plus grande fréquence de ponte. La technique de récolte périodique pour laquelle les alevins ne sont pas régulièrement pêchés, ne devrait donc pas entraîner de véritables perturbations notamment, dans le sens de la réduction de la durée du cycle sexuel des femelles. Dans de telles conditions, seules les femelles qui se sont reproduites le plus tôt pourraient entamer un nouveau cycle avant la fin des 45 jours d'expérience.

L'augmentation des fréquences de pêche selon la technique de récolte continue se traduit par l'amélioration de la production d'alevins car elle entraîne la réduction du niveau de cannibalisme et l'accroissement de la régularité de pontes des femelles.

3.2- EFFET DES CARACTÉRISTIQUES DE LA TECHNIQUE DE RÉCOLTE CONTINUE SUR LA PRODUCTION D'ALEVINS

3.2.1- Importance de la superficie de l'étang

Introduction

La technique de récolte continue s'est révélée efficace en étangs de 100 m². Cette efficacité est liée aux possibilités de récolter à chaque fois, l'essentiel des alevins produits et de minimiser ainsi les risques de dispersion importante des tasses source de développement du cannibalisme et de la perte de production. De Bont, (1950); Huet, (1970); Bard *et al.*, (1974) utilisant diverses techniques de récoltes, ont constaté que le

nombre d'alevins pêchés par unité de surface diminue lorsque la superficie de l'étang de reproduction augmente. Cette baisse est consécutive aux difficultés de pouvoir pêcher le maximum de production au fur et à mesure que la superficie des étangs devient importante. Ambali et Little, (1996) ont également remarqué que, les rendements en œufs issus des hapas sont d'autant plus élevés que les superficies utilisées sont petites.

Dans l'hypothèse d'une capacité de récolte d'alevins liée à l'importance de la superficie d'étangs utilisés, quelle pourrait être, avec la technique de récolte continue, la surface idéale pour une production optimale ?

3.2.1.1- Protocole expérimental

Des géniteurs obtenus à partir de la méthode décrite au chapitre 3 sont mis en reproduction dans deux étangs de 100 m² et deux étangs de 200 m² afin de produire des alevins par la technique de récolte continue comme détaillée au chapitre 3.

L'expérience dure 44 jours, période correspondant au moment de la première pêche de la récolte périodique (45 jours) exclue la vidange. Pour les deux types d'étangs, la densité de géniteurs est identique comme précédemment.

Les dispersions des tailles d'alevins récoltés sont régulièrement suivies à partir des mesures effectuées sur un échantillon de 100 poissons prélevés lors de chaque récolte dont le nombre est supérieur à 300. Les écarts de productivités, de valeurs de tailles et de leurs dispersions sont comparées aux tests de Duncan au niveau des deux catégories d'étangs.

L'efficacité de la production d'alevins est précisée à partir de la productivité des étangs et de celle des géniteurs. Ces productivités représentent respectivement les rapports de la production totale d'alevins sur la superficie et de celle-ci sur le nombre de femelles, divisés par la durée correspondante ($PE = PT/S/D$; $PG = PT/NF/D$).

3.2.1.2- Résultats - Discussion

L'expérience est menée du 15/08 au 30/09/98. Il n'y a pas de différences significatives ($p > 0,05$) entre les productivités des deux catégories d'étangs. Les quantités d'alevins récoltés, par unité de surface et par jour ou par femelle et par jour, en étangs de 100 m² (1R2 et 1R3) sont comparables à ceux issus des étangs de 200 m² (2R2 et 2R4), 44 jours après l'introduction des géniteurs.

Les tailles moyennes individuelles des différents échantillons prélevés des étangs de 100 m² sont également comparables à celles des échantillons issus des étangs de 200 m² sauf par rapport à l'étang 1R3 où elles sont significativement différentes ($p > 0,05$). Les dispersions des tailles sont aussi comparables entre les deux catégories d'étangs sauf toujours en 1R3 où elles sont différentes de manière significative ($p > 0,05$) (Tableau 7).

Avec la technique de récolte continue, la quantité d'alevins récoltée par unité de surface en étangs de 100 m² est comparable à celle des étangs de 200 m². Les alevins issus des deux catégories d'étangs présentent également des tailles comparables.

L'efficacité de la technique de récolte continue en étangs de 100 et 200 m² résulterait du même niveau de cannibalisme lui-même lié aux capacités de récolte d'alevins. Les épauzettes utilisées, munies de manches longs, permettent à partir du bord de couvrir la totalité de la surface des étangs. Ainsi, les dimensions des deux catégories d'étangs (20 m x 10 m et 10 m x 10 m) offrent les mêmes possibilités de récolte comme l'indique le faible taux «d'échappés» observés à la vidange (Tableau 8) malgré un ratio du linéaire de berge/surface différente : 40% pour les étangs de 100 m² contre 30% pour les étangs de 200 m².

La superficie des étangs de 200 m² est sans conséquences sur les possibilités de récolter les alevins donc sur les quantités produites par unité de surface ou par femelle. Il resterait cependant à confirmer ces résultats pour des étangs de dimensions supérieures.

3.2.2- Effet de la durée du cycle sur la production d'alevins

3.2.2.1- Introduction

La technique de récolte continue est caractérisée par une augmentation de la production d'alevins résultant de la baisse du niveau de cannibalisme. Or, dans le cas de la technique de récolte périodique, la première récolte intervient à J45, la deuxième à J60 et la troisième à J75 après l'introduction des géniteurs avec une baisse constante de production de la première à la troisième récolte (de 25.000 alevins/350 m² à 9.000 alevins/350 m²). Cette baisse est attribuée à l'augmentation du niveau de cannibalisme au cours du temps (Lazard, 1986 ; Parrel et al., 1990).

Avec la technique de récolte continue qui permettrait de minimiser le cannibalisme, quelle pourrait être l'évolution de la production d'alevins dans le temps ?

3.2.2.2- Protocole expérimental

Les évolutions quotidiennes de productions d'alevins, celles des valeurs de leurs tailles sont analysées d'abord au cours des 45 premiers jours suivant l'introduction des géniteurs. Pour cela on utilise les résultats obtenus dans l'expérience 1 pour les étangs 1R9 et 1R11 et ceux obtenus dans l'expérience 2 pour tous les étangs 1R2 et 1R3, 2R2 et 2R4). Puis les productions aux 60 et 75 jours après l'introduction de géniteurs respectivement en 1R2-1R3 et en 2R2-2R4 sont suivies seulement pour ces quatre derniers étangs. Ces périodes correspondent aux moments d'apparitions des différentes séquences de baisses enregistrées avec la récolte périodique (Lazard, 1984; Parrel et al., 1990).

Pour faciliter l'analyse et gommer les variations inter-journalières, les productions, les tailles et leurs dispersions journalières ont été regroupés par semaine (7 jours) et le suivi des évolutions a porté sur les comparaisons de ces différents paramètres calculés d'une semaine à une autre au moyen du test de Duncan ($\alpha = 0.05$)

3.2.2.3- Résultats

Les résultats bruts de production journalière sont donnés dans la figure 17. D'une façon générale, on observe que la production d'alevins évolue de façon irrégulière ce qui se traduit sur les histogrammes par des successions de hausses et de baisses (figure 17). Afin de mettre en évidence les tendances générales, ces données brutes journalières sont cumulées sur un pas de temps hebdomadaire (Figure 18).

En 1R9 et 1R11, les courbes de cumuls de productions par semaine évoluent de manière identique dans les deux étangs. Cette évolution est caractérisée par une augmentation de la production d'alevins au cours des quatre premières semaines d'expérience (Figure 18).

En étangs 1R2 et 1R3, la production hebdomadaire d'alevins est caractérisée par une augmentation à partir de la fin de la 2^{ème} semaine et atteint son maximum dans la 4^{ème} semaine. Ensuite on observe une chute de la production qui devient importante, avec des différences significatives ($p > 0,05$), dans la 8^{ème} semaine. Les productions de la 9^{ème} semaine correspondent aux pêches de vidange. Les courbes d'évolution de la production présentent la même allure générale dans les deux étangs. (Figure 17).

En étangs de 200 m² (2R2 et 2R4), les quantités d'alevins récoltées évoluent de la même façon dans les deux étangs pendant la durée de l'expérience. Cette évolution est caractérisée par une augmentation à partir deux premières semaines qui atteint son maximum à la fin de la quatrième soit 28 jours après l'introduction des géniteurs. Les productions commencent à diminuer à partir de la 6^{ème} semaine avec des différences significatives ($p > 0,05$) et cette diminution se poursuit de la 8^{ème} à la 11^{ème} semaines. (Figure 17).

3.2.2.4- Discussions

Chez *Oreochromis niloticus*, les fluctuations journalières observées (Figure 17) ont aussi été rapportées par de nombreux auteurs (Hughes et Behrends, 1983; Guerrero, 1986; Macintosh et Little, 1995). Elles s'expliquent par les caractères asynchrones (Macintosh et Little, 1995) et continue de la reproduction de ces espèces (Babiker et Ibrahim, 1979; Moreau, 1979) qui ne permettent pas à la production d'alevins qui en résultera, de se maintenir à un niveau constamment élevé.

Moreau (1979) rapporte que, l'ovogenèse de cette espèce se déroule par vagues successives. Les femelles ayant pondu restent épuiser avant la maturation d'une nouvelle vague d'ovocytes et entre temps, la production d'alevins s'arrête. Coward et Bromage, (1998) ont fait les mêmes observations chez *Tilapia zillii*, espèce dont la gamétogenèse se déroule de même manière que celle d'*Oreochromis niloticus*. Cette alternance de périodes d'activité et de repos sexuel qui apparaît à des moments

différents chez les femelles induit les fluctuations ainsi constatées dans l'évolution de la production d'alevins.

Les productions d'alevins obtenues en périodes de hausses pourraient également provenir des géniteurs dominants et celles de baisses seraient l'œuvre des dominés. *Oreochromis niloticus* est l'espèce la plus agressive du groupe de tilapias (Mélard et Phillipart, 1981), chez laquelle apparaissent des comportements sociaux qui débouchent sur l'installation de la hiérarchie (Baroiller *et al.*, 1997). Celle-ci se manifeste entre autres, par l'exclusion des dominés aux activités de reproduction. Turner (1986) constate que, le phénomène de hiérarchie est tellement aigu chez l'espèce que, le sexe ratio n'est pas un bon indicateur de la disponibilité réelle des géniteurs aptes à prendre part aux activités de reproduction car, les dominés sont régulièrement écartés. Ces derniers se reproduisent en dehors de la période propice à l'espèce (pics faibles) afin de contourner la pression des dominants (Baroiller *et al.*, 1997).

Chez l'hybride *Red Florida*, les femelles dominées commencent à pondre en pics faibles, après la synchronisation naturelle des pontes des femelles dominantes en pics forts (Carteret, 1995).

En raison de ces fluctuations observées, l'évolution de la production a été étudiée à partir des cumuls hebdomadaires. Ainsi, la production d'alevins est caractérisée par une augmentation pendant les 30 premiers jours, suivie de baisses constantes de 45 au 75^e jour. La même allure de production a également été observée dans le cas de la technique de récolte périodique (Lazard *et al.*, 1988), mais dans des proportions beaucoup plus importantes. Une évolution similaire a également été remarquée en hapas chez *Oreochromis aureus* mais cette fois, la baisse est intervenue 50 jours après l'introduction des géniteurs (Behrends *et al.*, 1993). Chez *Oreochromis niloticus*, la production d'œufs augmente jusqu'au 45^e jour puis diminue du 46 au 75^e jour (Ambali et Little, 1996). Chez cette espèce, la chute de production intervient de manière constante à partir du 49^e jour après l'introduction des géniteurs (Guerrero et Guerrero, 1985).

Ces baisses de production dans le temps ne pourraient être attribuées aux conséquences exclusives de cannibalisme car, elles apparaissent tant avec la technique de récolte périodique qui le favorise qu'avec celle de récolte continue qui le minimise. Elles pourraient résulter de l'épuisement des géniteurs actifs. L'intensité de l'activité reproductrice des géniteurs dominants, qui se traduit par l'augmentation de la production d'alevins (Baroiller *et al.*, 1997) diminue avec le temps. L'aptitude des mâles à frayer régulièrement est limitée par leur incapacité à pouvoir féconder successivement plusieurs lots d'œufs. Ainsi, la proportion d'œufs fécondés passe de 96 à 22% de la première à la quatrième ponte (Rana, 1996). Chez *Barbus barbus*, les baisses de production d'alevins enregistrées dans le temps résultent le plus souvent de la fatigue des géniteurs des suites d'épuisement du stock d'ovocytes murs et/ou de celui du système endocrinien qui contrôle la reproduction (Poncin, 1989). Little, (1989) rapporte que la productivité des géniteurs d'*Oreochromis niloticus* est améliorée lorsque la période de récolte alterne avec celle de repos.

Par ailleurs, il faut noter que les alevins issus de la technique de récolte continue, produits en étangs 1R9 et 1R11 sont largement plus nombreux que ceux des étangs 1R3 et 1R4 alors que tous les étangs ont la même superficie. Les périodes de mise en

charge des géniteurs qui diffèrent dans les deux cas pourraient influencer la production d'alevins chez cette espèce (annexe 2).

Ainsi, les géniteurs qui se sont reproduits pendant les 45 premiers jours probablement les dominants, ne pourraient plus continuer au-delà faute de ressources suffisantes et le nombre d'alevins récoltés chute. Guerrero et Guerrero (1985) ont abouti à la même conclusion.

La production d'alevins par la récolte continue augmente pendant les 45 premiers jours suivant l'introduction des géniteurs. Au-delà de cette période, elle baisse de façon constante du fait des caractéristiques propres de reproduction de cette espèce, de l'épuisement des géniteurs et des conséquences des comportements sociaux.

3.2.3- Analyses des conséquences de la dispersion des tailles d'alevins sur la production

3.2.3.1- Introduction

La technique de récolte continue permet de pêcher les alevins, au moment où, ils sont encore sous la protection de leurs mères. A ce stade, les valeurs des tailles individuelles devraient alors être homogènes et se situer autour de 7 à 8 mm. Or, les mesures de tailles et de leurs dispersions observées au cours des différentes expériences montrent qu'elles sont relativement homogènes autour de 8 et 10 mm au cours de l'exploitation mais deviennent élevées et hétérogènes à la vidange.

Cette dérive dans la dispersion des tailles résulterait de l'accumulation progressive dans des étangs de reproduction, d'alevins qui échappent aux pêches d'exploitation. Elle pourrait affecter négativement la production par le développement de la prédation des plus jeunes, l'importance du cannibalisme étant fortement liée au niveau de dispersions des tailles entre alevins.

Ce travail a pour objectif de déterminer les effets de l'augmentation des valeurs de tailles et de leurs dispersions sur la production d'alevins. Il s'agit de confronter les structures de tailles établies à partir des résultats de mesures effectuées sur les différents échantillons prélevés (exploitations et vidanges) aux productions d'alevins correspondantes afin de déterminer les relations qui pourraient exister.

Les échantillons de 100 alevins prélevés au hasard au cours des récoltes et des vidanges des différents étangs sont individuellement mesurés afin de déterminer la dispersion des tailles des différents lots pêchés. La dispersion des tailles d'alevins est analysée et comparée aux productions des étangs 1R9-1R11, 1R2-1R3 et 2R2-2R4 respectivement 45, 60 et 75 jours après l'introduction des géniteurs.

Il s'agit de mettre en évidence les relations qui pourraient exister d'une part entre les tailles des alevins (et leurs dispersions) à la vidange et la production totale et d'autre part entre les tailles des alevins (et leurs dispersions) des récoltes et l'évolution de la

production au cours du temps. Ces relations sont étudiées à travers les corrélations entre les productions obtenues par quinzaine et les coefficients de variations de tailles correspondants.

3.2.3.2- Résultats

Les récoltes à l'épuisette prélèvent en moyenne 93,5% de la production totale d'alevins, la vidange représentant seulement 6,5%. (Tableau 8).

Les coefficients de variation sont généralement plus élevés au cours des vidanges que pendant les récoltes sauf en étang 1R9 où, des valeurs élevées sont enregistrées dès les deux premières semaines (Tableau 9).

Sur un échantillon de 100 alevins prélevés au hasard lors des vidanges des différents étangs, les coefficients de variation des tailles varient de 0,35 à 1,17. Cette dispersion de tailles à la vidange (Figure 19) s'avère fortement corrélée positivement au niveau de la production totale avec un coefficient de régressio de + 0,89.

L'analyse des corrélations entre les productions d'alevins et les dispersions de leurs tailles autour de la moyenne (Figure 20) montre de façon générale qu'elles sont fortes et positives en début de récoltes en particulier, pendant les deux premières quinzaines. La corrélation devient faible et même négative à la troisième quinzaine. A la quatrième, elle est positive avec des valeurs de l'ordre +0,50. Enfin en cinquième quinzaine, elle est forte et négative.

3.2.3.3- Discussions

Malgré une efficacité élevée de la technique continue, le fort niveau de dispersion des tailles observé à la vidange pourraient refléter l'importance du cannibalisme. Or les résultats montrent que l'augmentation de la dispersion des tailles des alevins à la vidange se traduit par une augmentation de la production totale d'alevins. Les « échappés » n'ont pas ou que très peu d'impacts sur le niveau de production en relation probablement avec leur petit nombre (6,5%) mais aussi par la faible proportion d'alevins de grandes tailles susceptibles d'exercer un fort degré de cannibalisme (figure 19) (Uchida et King, 1962 ; Silvera, 1978). Ceci confirme que le cannibalisme n'est pas dans le cas de la technique de récolte continue, la principale cause de la baisse de la production d'alevins au cours du temps.

A l'exclusion de la pêche de vidange, les coefficients de corrélation tendent à diminuer au cours du temps comme si la dispersion des tailles ne reflétait plus le niveau de production. A partir de la 3^{ième} quinzaine, les alevins de « grandes tailles » ne seraient plus capturables et leur absence dans les récoltes ultérieures pourraient affecter les coefficients de corrélation.

La dispersion des tailles d'alevins n'a pas de conséquence apparente sur le niveau de cannibalisme, ceci en raison du faible nombre «d'échappés» et donc de l'efficacité de la technique de récolte continue.

3.3- CONCLUSION PARTIELLE

Nos propres résultats confirment l'importance de l'augmentation de la fréquence des récoltes sur la quantité d'alevins produits. Les quantités produites sont beaucoup plus élevées que celles obtenues par Guerrero (1986; 1987b) dans des conditions d'élevage comparables.

La production d'alevins par la technique de récolte continue est la même aussi bien en étangs de 100 qu'en étangs de 200 m². En revanche, elle augmente jusqu'à J45 après l'introduction des géniteurs. Cette baisse à partir de J 45 serait liée à d'autres facteurs spécifiques à la reproduction de cette espèce.

Le taux d'efficacité très élevé de la technique de la récolte continue explique probablement le faible niveau de cannibalisme intervenant durant les cycles du fait du petit nombre «d'échappés» à la vidange.

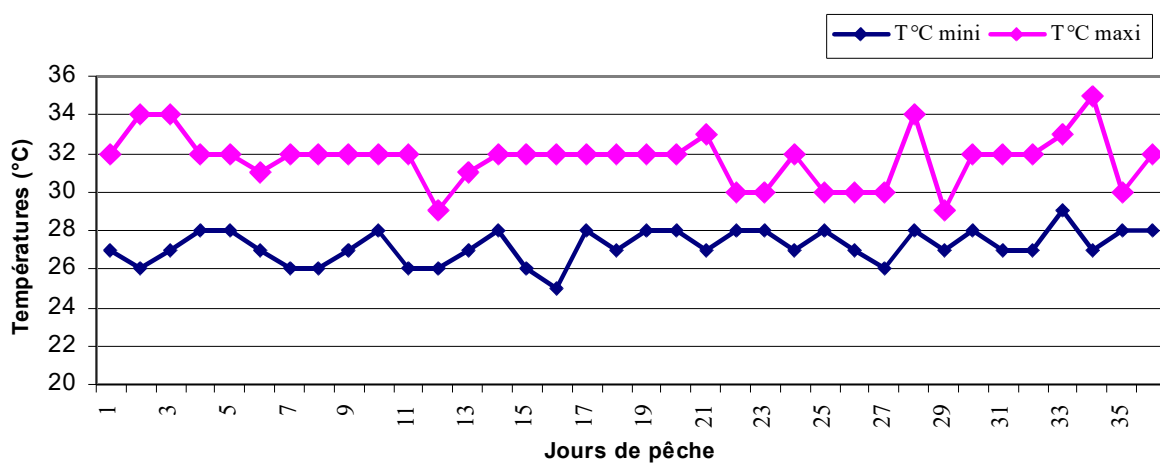


Figure 16: Evolution des températures minimales et maximales journalières au cours du cycle de production d'alevins de 45 jours en étangs de 100 m².

Tableau 4: Nombre d'alevins obtenus par la technique de récolte continue et celle de périodique en étangs de 100 m² 45 jours après l'introduction des géniteurs

Méthode	Etang	Nombre total d'alevins récoltés	Nombre d'alevins Récolté/femelle /jour	Nombre d'alevins récolté/m ² /jour	Tailles moyennes de 100 alevins à la vidange (mm)
Récolte continue	1R9	138. 960	60, 54	30, 43	9,41 ± 9,21*
	1R11	126. 394	55, 07	28, 08	11,59 ± 13,59*
Récolte périodique	1R2	20. 619	8,98	4,58	22,14 ± 12,21**
	1R4	16. 775	7,30	3,72	28,59 ± 8,92***

*: indique la différence significative au test de Duncan; ET: Ecart Type.

Tableau 5: Paramètres zootechniques des géniteurs d'*Oreochromis niloticus* après un cycle de production d'alevins de 45 jours réalisé en étangs de 100 m²

Paramètres						
Etangs	PMF (g) ± ET	GBG (g)	QAD (g)	KI (%) ± SEM	KF (%) ± SEM	S (%)
Mâles 1R9	243,71 ± 15,05	+ 233	6462,54	2,01± 0,082	1,72 ± 0,11 ^a	100
Femelles	156,16 ± 14,14	- 714		2,02 ± 0,14	1,60± 0,09 ^{b*}	100
Mâles 1R11	253,76 ± 18,22	+ 485	6567,42	1,90 ± 0,070	1,77 ± 0,10 ^a	100
Femelles	165,74 ± 15,43	- 575		1,93 ± 0,1	1,68 ± 0,10 ^b	98
Mâles R2	250,65 ± 22,39	+ 401	6548,79	2,01 ± 0,085	1,76 ± 0,09 ^a	98
Femelles	164,14 ± 18,02	- 424		1,98 ± 0,11	1,68 ± 0,09 ^b	100
Mâles 1R4	236,07 ± 11,47	- 920	6517,74	1,97± 0,078	1,65±0,06 ^{a*}	82
Femelles	175,38 ± 18,41	+ 154		2,08 ± 0,08	1,70 ± 0,09 ^b	100

Récolte continue

Récolte périodique

GBG: Gains de Biomasse Globaux; QAD: Quantité d'Aliment Distribuée; S: Survie; KI: Coefficient de condition initial; KF: Coefficient de condition final; ET: Ecart type; SEM : Erreur Standard à la Moyenne; *: degré de différence au test de Duncan; a: par rapport au groupe mâles; b: par rapport au groupe femelles.

Tableau 6: Données bibliographiques sur la production d'alevins d'*Oreochromis niloticus* en étangs de différentes tailles

	Récolte périodique		Récolte continue	
Superficie des étangs (m ²)	4.500	350	200	100
Densité de géniteurs (ind/m ²)	0,16	0,7	4	0,7
Poids moy des géniteurs (g)	62 à 356	100 ♀ - 40 ♂	80 à 100	170 ♀ - 240 ♂
Sexe ratios (mâles/femelles)	3 :1	3 :1	3 :1	3 :1
Durée d'élevage (j)	250	120	45 à 60	45
Première récolte d'alevins (j)	60	35	14	11
Intervalle entre deux récoltes	30j*	15j*	6 fois/jour à 2 heures d'intervalle à partir de 7h00**	6 fois/jour selon l'abondance à partir de 9h00**
Aliment/fertilisation	Fertilisations organique et minérale	50% SR + 50% TA	Fertilisation organique+75%SR et 25% FP	Fertilisation organique + 85% SR et 15 % FP
Nombre d'alevins produits (ind/m ² /mois)	8	45,4	200 à 250	900
Poids moyen des alevins	4,3 g	0,7 g	Quelques mg à 0,1 g	10 mg
Références	Broussard et coll, 1983	Lazard, 1984	Guerrero, 1987	Notre étude

SR : Son de Riz ; TA : Tourteau d'Arachide ; FP : Farine de Poissons. * : Pêche à la senne ; ** : Pêche à l'épuisette à mailles fines

Tableau 7: Nombres et tailles des alevins produits en étangs de 100 et 200 m², 44 jours après l'introduction des géniteurs.

Etang	Nombre total	Nombre/m ² /j	Nombre/femelle /jour	Tailles moyennes individuelles (mm)	Ecart type de tailles
1R2	62.141	14,12*	27,69*	9,80*	1,12*
1R3	54.000	12,27*	24,06*	11,65**	4,76**
2R2	119.343	13,56*	26,59*	9,57*	1,67*
2R4	124.628	14,16*	27,76*	9,68**	1,22*

1R: étangs de 100 m²; 2R: étangs de 200 m²; * degré de différences au test de Duncan

Tableau 8 : Efficacité de la technique de récolte continue

	Quinzaine I	Quinzaine II	Quinzaine III	Quinzaine IV	Quinzaine V	Vidange	Total	Efficacité
1R2	2174	28192	23313	21101		4669	79449	94,12 %
1R3	2495	32972	26995	18895		4468	85825	94,79 %
2R2	7229	70246	41798	13740	14633	18049	151062	88,05 %
2R4	4654	82705	37269	16917	16438	4733	162716	97,09 %

1R: étangs de 100 m²; 2R: étangs de 200 m² ; Quinzaine : Nombre d'alevins récoltés en quinze jours; vidange : nombre d'alevins récoltés à la vidange, total : nombre total d'alevins récoltés

Tableau 9 : Nombre d'alevins obtenus et coefficients de variations de tailles correspondants dans les différents étangs concernés par la technique de récolte continue

	Quinzaine I		Quinzaine II		Quinzaine III		Quinzaine IV		Quinzaine V		Total	
Etang												
	Nbre/QI	CVT	Nbre/QII	CVT	Nbre/QIII	CVT	Nbre/QIV	CVT	Nbre/QV	CVT	NbreT	CVTV
1R2	2.174	0,07	28.192	0,18	23.313	0,24	21.101	0,06	-	-	79.449	0,66
1R3	2.495	0,12	32.972	0,22	26.995	0,25	18.895	0,18	-	-	85.925	0,35
2R2	7.229	0,15	70.246	0,20	41.798	0,13	13.740	0,06	14.633	0,68	151.062	0,53
2R4	4.654	0,16	82.705	0,23	37.269	0,59	16.917	0,06	16.438	0,14	162.716	0,60
1R9	10.363	1,07	55.361	0,88	51.870	0,79	-	-	-	-	117.594	0,97
1R11	9.079	0,08	45.514	0,15	70.876	0,08	-	-	-	-	125.469	1,17

1R: étangs de 100 m²; 2R: étangs de 200 m² ; Nbre/Q : Nombre d'alevins récoltés en quinze jours; CVT: Coefficients de Variation de Tailles; Nbre total: Nombre d'alevins obtenus au cours des récoltes et à la vidange; CVTV: Coefficients de Variation de Tailles à la Vidange.

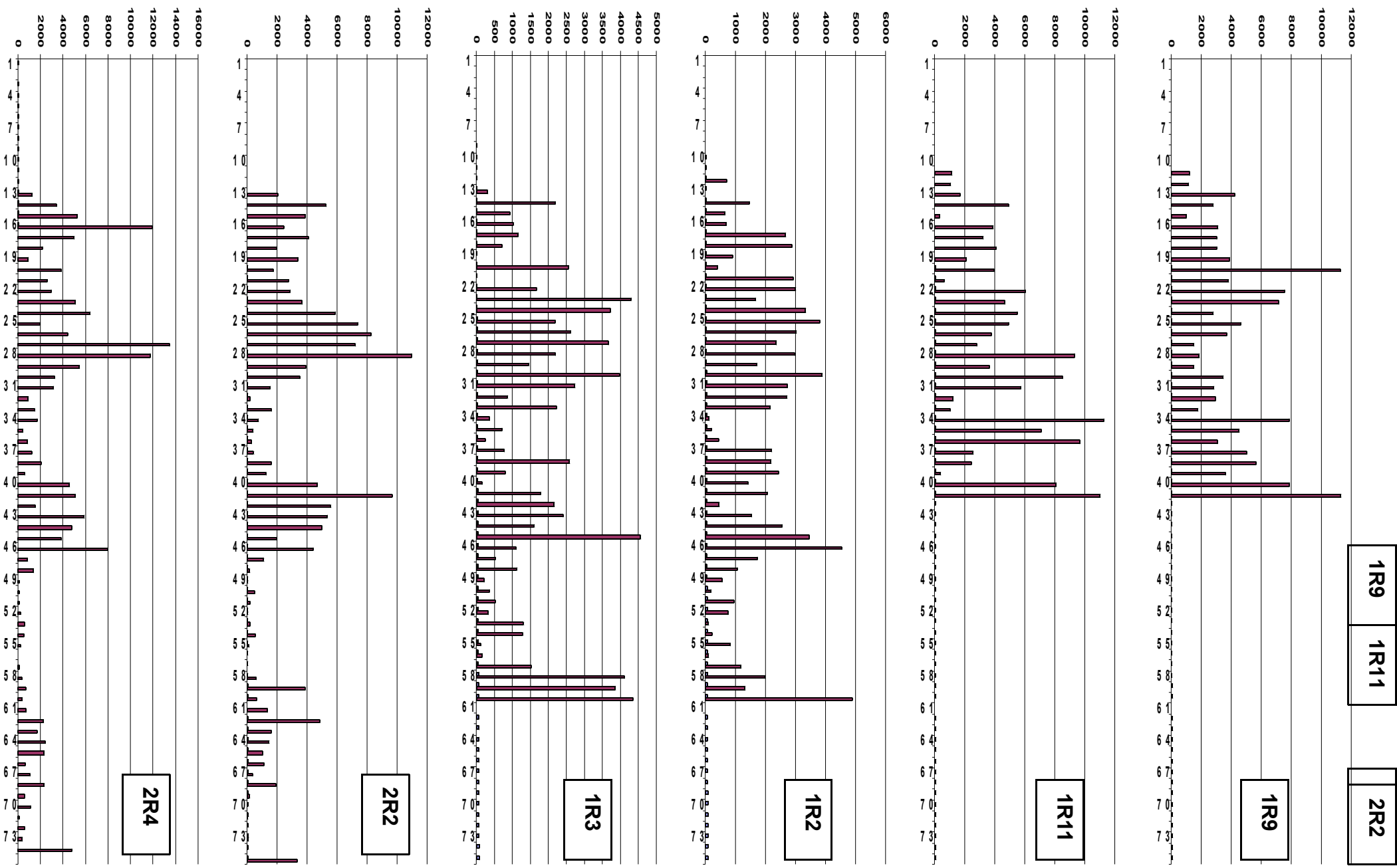
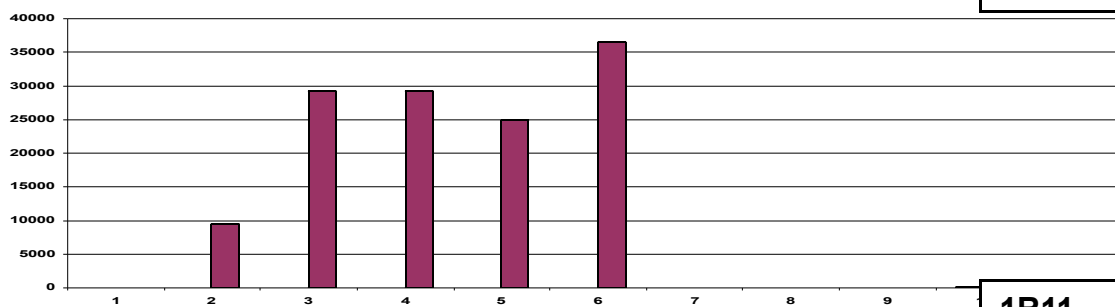
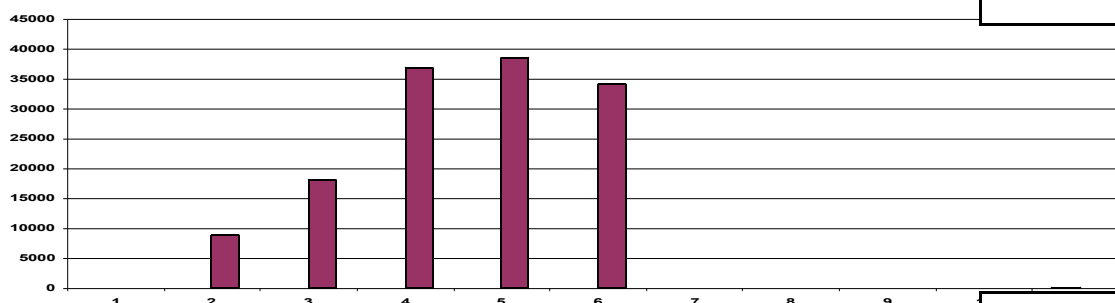


Figure 17 : Evolution de la production journalière

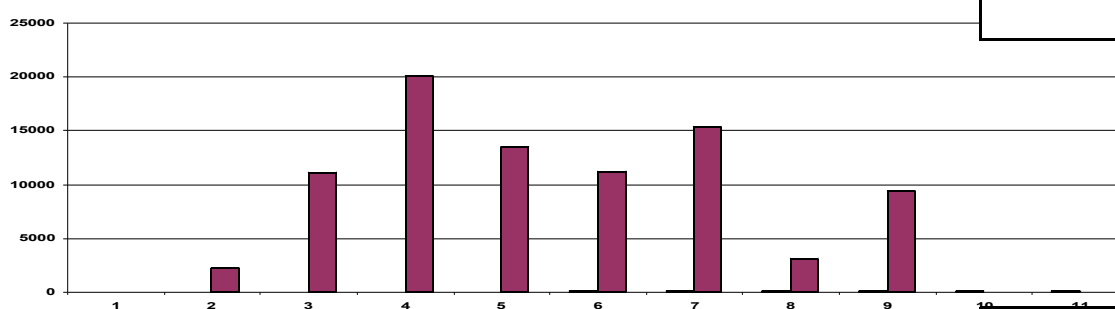
1R9



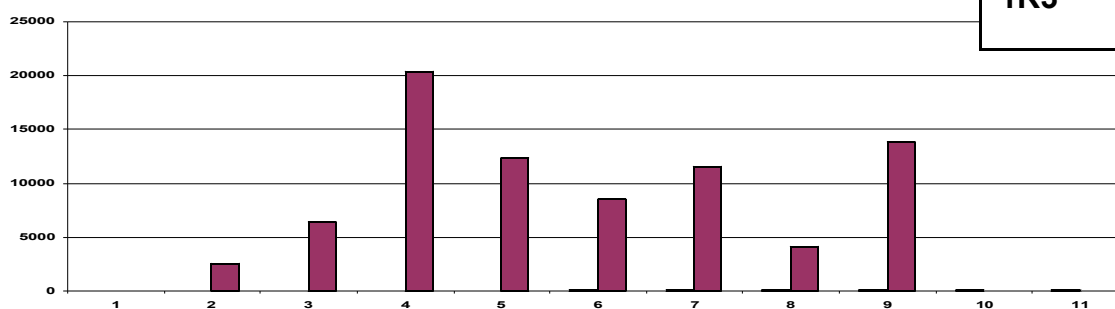
1R11



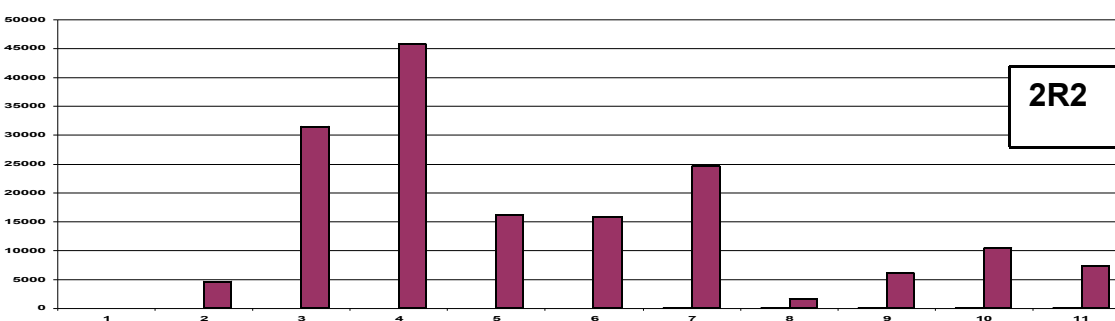
1R2



1R3



2R2



2R4

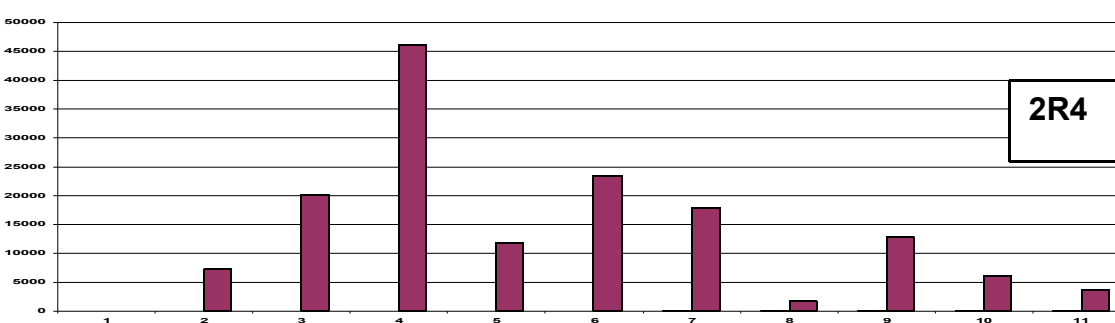


Figure 18 : Evolution de la production hebdomadaire

Semaine 1 (S1) : du 1^{er} au 4^{ème} jour inclus après introduction des géniteurs ; Semaine 2 (S2) : 15^{ème} au 21^{ème} jour inclus

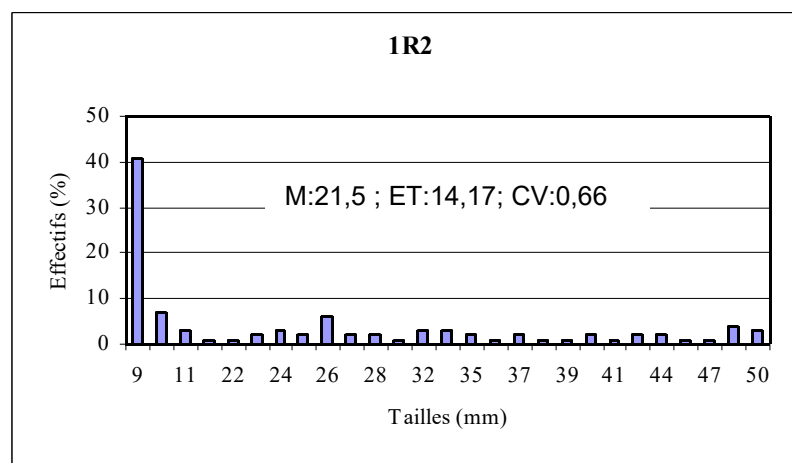
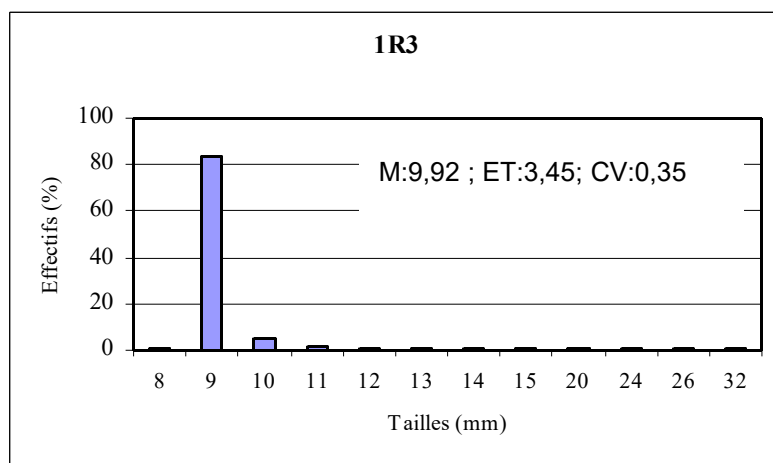
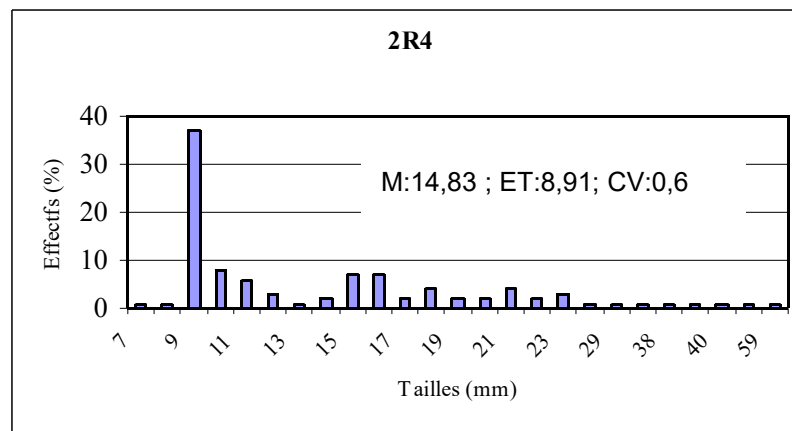
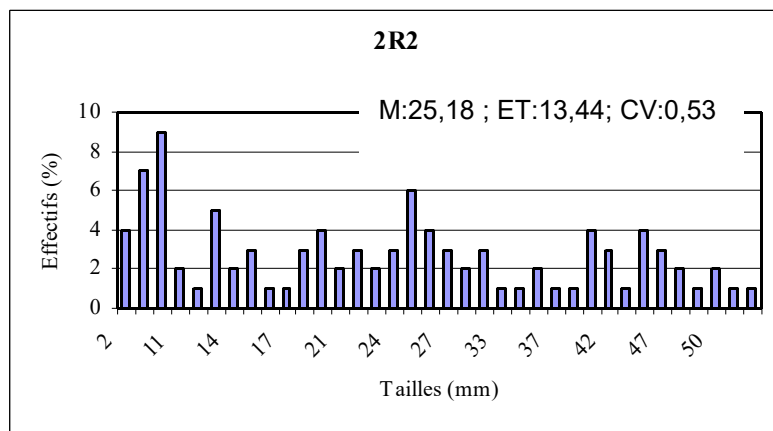
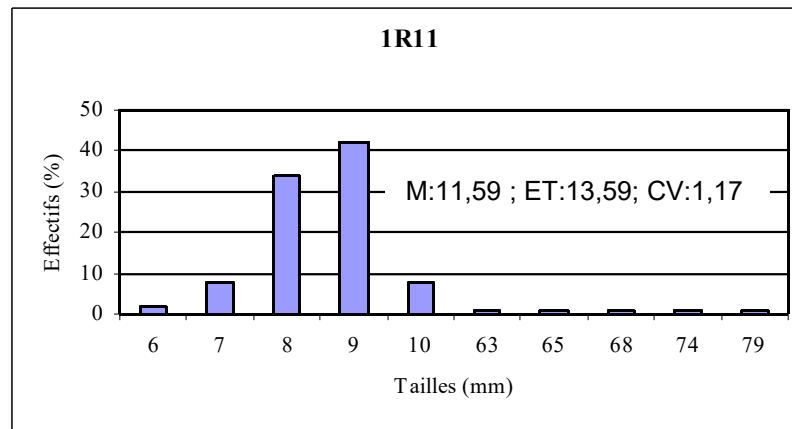
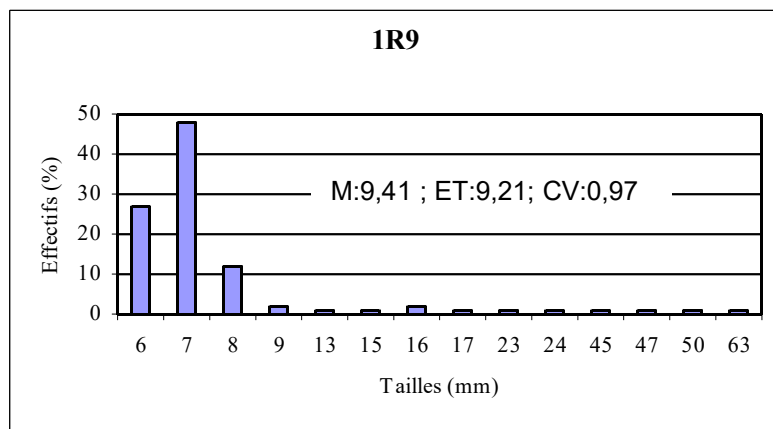


Figure 19 :

**Dispersion
des tailles
à la vidange**

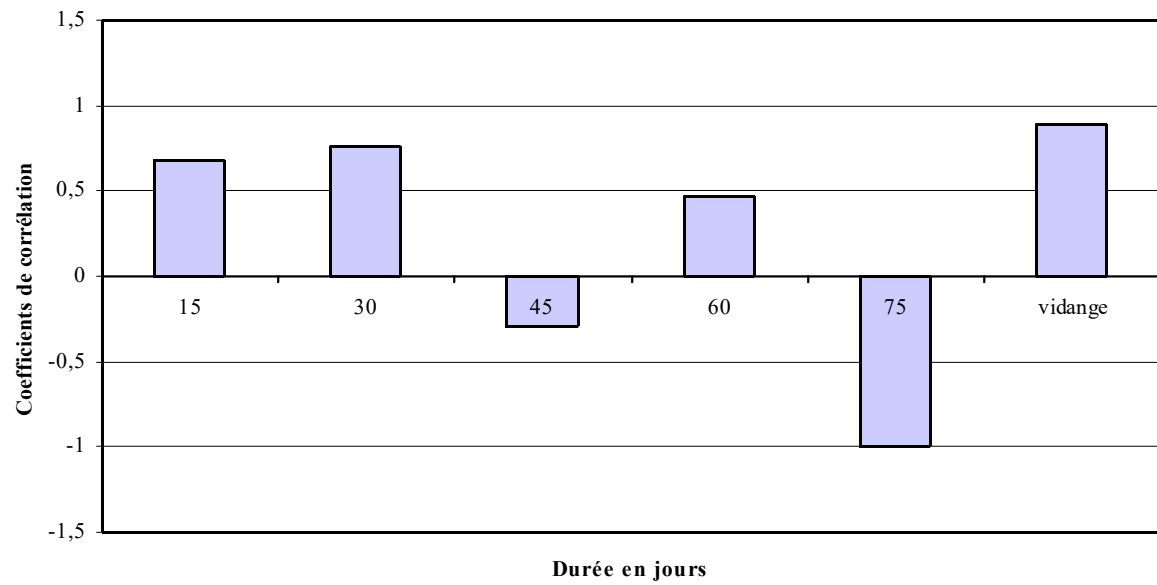


Figure N°20: Evolution des coefficients de corrélations entre les quantités d'alevins récoltés et la dispersion de leur tailles

IV- OPTIMISATION DE LA CROISSANCE PAR LE CONTROLE DE LA REPRODUCTION

4.1- DIFFÉRENCE DE CROISSANCE ENTRE MÂLES ET FEMELLES

4.1.1- Effets de l'élevage en cages flottantes

4.1.1.1- Introduction

Au Niger, l'existence d'un petit marché preneur de poissons de petites tailles (140 g) a conduit des pisciculteurs à conserver aussi les femelles issues du sexage manuel, qui sont ensuite élevées en monosexes. Dans ces conditions, certaines femelles semblent parfois présenter des croissances comparables à celles des mâles. Chez *Oreochromis niloticus*, les femelles élevées individuellement pourraient selon certains auteurs ((Schreiber *et al.*, 1998) avoir des croissances supérieures aux mâles. Ces bonnes performances de croissance des femelles seraient dues aux facteurs comportementaux plutôt qu'aux facteurs physiologiques (Schreiber *et al.*, 1998).

L'importance des facteurs comportementaux sur la reproduction, la croissance et leurs interactions ont déjà été soulignées (Baroiller *et al.*, 1997; Fauconneau *et al.*, 1997; Toguyeni *et al.*, 1997a). En cages flottantes, les séquences classiques du comportement parental (incubation buccale stricte puis garde parentale) ne peuvent pas avoir lieu: les œufs pondus sont entraînés par le courant à travers les mailles des cages dont la maille est de 14 mm au Niger. De ce fait, ils ne peuvent pas être fécondés. Ainsi, même si les femelles peuvent effectuer un cycle sexuel normal, le jeûne associé à cette incubation buccale est supprimé.

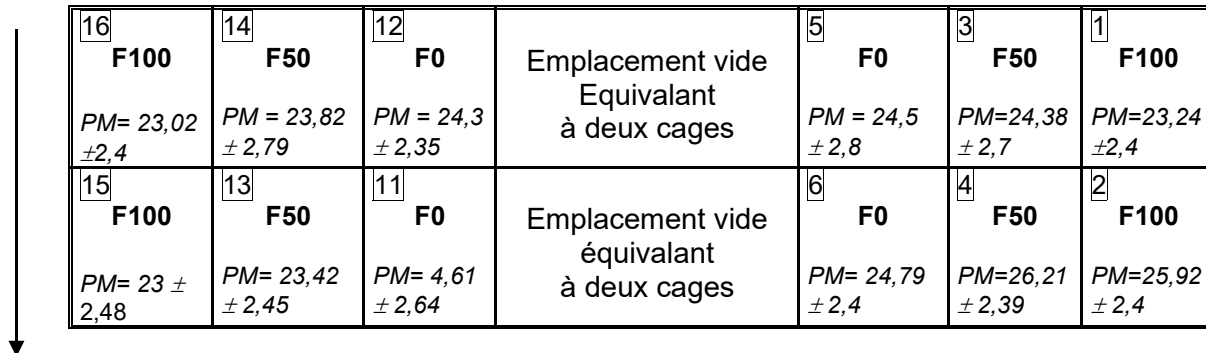
Ce travail a pour objectif de déterminer les effets de l'élevage en cages flottantes dans le fleuve Niger, sur la différence de croissance entre mâles et femelles d'*Oreochromis niloticus*.

4.1.1.2- Protocole expérimental

Les alevins utilisés sont obtenus à partir de la technique de production décrite au chapitre 3. Ainsi, une population de 1800 individus (900 mâles et 900 femelles) est constituée et répartie dans 12 cages de 5 m³ chacune à raison de 150 poissons par cage.

Ce dispositif expérimental est scindé en deux blocs identiques de 6 cages chacun. Chaque bloc est constitué de 2 cages chargées de poissons 100% femelles appelées groupe F100, de 2 cages de poissons mixtes (50% femelles et 50% mâles) appelées groupe F50 et de 2 cages contenant 100% de mâles appelées groupe F0.

Les blocs sont séparés par un espace équivalent à deux cages afin de disposer de deux unités identiques mais suffisamment indépendantes pour que les manipulations réalisées sur l'une (nourrissage, pêche de contrôle) interfèrent le moins possible sur l'autre. Dans chaque bloc, les cages sont placées de telle façon que les lots identiques se succèdent dans le sens de l'écoulement du fleuve afin de limiter les effets potentiels des émissions de phéromones susceptibles d'influencer la reproduction et par la suite, la croissance des poissons (Figure 21).



16 F100 PM= 23,02 ±2,4	14 F50 PM = 23,82 ± 2,79	12 F0 PM = 24,3 ± 2,35	Emplacement vide Equivalent à deux cages	5 F0 PM = 24,5 ± 2,8	3 F50 PM=24,38 ± 2,7	1 F100 PM=23,24 ±2,4
15 F100 PM= 23 ± 2,48	13 F50 PM= 23,42 ± 2,45	11 F0 PM= 4,61 ± 2,64	Emplacement vide équivalent à deux cages	6 F0 PM= 24,79 ± 2,4	4 F50 PM=26,21 ± 2,39	2 F100 PM=25,92 ± 2,4

N° : Numéros de cage; F100: 100% femelles; F0: 100% mâles; F50: 50% mâles et 50% femelles; PM: poids moyen en grammes; ±: Ecart type; ↓ : sens du courant de l'eau du fleuve.

Figure 21: Dispositif expérimental pour comparer la croissance des mâles à celle des femelles d'*Oreochromis niloticus* élevés en cages flottantes en zone « morte » dans le fleuve Niger au Niger.

Pendant l'expérience qui a duré 218 jours (1^{er} août 1997 au 06 mars 1998), les poissons sont nourris avec un aliment binaire F2* (Tableau I). La ration calculée "calée" à 5% de la biomasse est corrigée à partir des résultats des pêches de contrôle réalisées en général tous les 30 jours. Elle est divisée en deux repas qui sont distribués quotidiennement à 9 heures et à 16 heures, en partie ou en totalité selon l'appétit des poissons. Comme l'expression de ces besoins est souvent liée à la température de l'eau d'élevage, les relevés de ce paramètre sont effectués juste avant les repas.

Les performances de croissance des différents lots sont évaluées à partir de la croissance journalière individuelle CJI(g/j). L'état corporel des poissons est apprécié à partir du coefficient de condition (K). L'efficacité de l'aliment utilisé est déterminée à partir de l'indice de conversion (IC) comme définit au chapitre 3. Les comparaisons des moyennes et les analyses de variances sont réalisées respectivement aux tests de Student et de Duncan à 5% pour les différences significatives et à 1% pour les différences hautement significatives.

4.1.1.3- Résultats

Les résultats correspondant aux moyennes de quatre cages issues des deux blocs sont présentés dans les figures 22 et 23.

La survie varie de 82 à 94%. Elle est légèrement plus faible chez les poissons du groupe F50 (89%). Dans ce groupe, celle des femelles (94%) est significativement plus élevée ($p>0,05$) que celle des mâles (83%).

Le coefficient de condition calculé en début d'élevage montre une différence significative ($p>0,05$) entre les mâles (groupes F0 et F50 confondus) et les femelles (groupes F100 et F50 confondus). Toutefois, celui des animaux du groupe F50 est comparable à celui des

mâles des groupes F0 et F50 ($p < 0,05$). En fin d'élevage, le coefficient de condition des mâles du groupe F0 se distingue, de manière hautement significative ($p > 0,01$), de ceux des animaux des autres groupes, celui des femelles du groupe F100 est faible. Les mâles et les femelles du groupe F50 ont des coefficients de condition comparables ($p < 0,05$).

Au cours de cette expérience, les valeurs moyennes de températures sont de 24°C le matin et 26°C l'après-midi. Cependant on observe des variations mensuelles de l'ordre de 19°C au mois de janvier (Figure 22). Ces variations de températures de l'eau d'élevage ont entraîné des changements dans les comportements alimentaires des poissons à savoir des baisses des quantités distribuées pendant les périodes les plus froides.

Les quantités d'aliment distribuées sont comparables ($p < 0,05$) chez les animaux des différents groupes (F0, F50 et F100) au cours des trois premiers mois (du début au 95^e jour) d'élevage. Des différences significatives ($p > 0,05$) sont apparues à partir du quatrième mois (124^e jour) entre celles distribuées aux mâles du groupe F0 et celles des individus des groupes F50 et F100 puis entre celles des poissons de ces deux derniers groupes durant le cinquième mois (154^e jour) d'élevage (Figure 23).

Entre les quantités d'aliment distribuées aux mâles du groupe F0 et celles distribuées aux femelles du groupe F100, la différence est hautement significative ($p > 0,01$). Cette tendance s'est maintenue avec la réduction globale des rations de l'ordre des 2/3 provoquée par les basses températures (19°C) enregistrées du 154 au 184^e jour d'élevage (Figure 22).

Les indices de conversion calculés sont de 2,4 chez les mâles du groupe F0 et 3,3 chez les femelles du groupe F100, jusqu'au 63^e jour avec des différences significatives ($p > 0,05$) entre les deux groupes. Du 63^e au 95^e jour d'élevage, ils sont en moyenne de 1,4 pour l'ensemble de la population et comparables dans tous les groupes. Du 95 au 124^e jour, les mâles du groupe F0 ont présenté les meilleurs indices. Au-delà de cette période et jusqu'à la fin de l'expérience, les indices de conversion sont restés comparables ($p < 0,05$) dans tous les groupes (Figure 23).

Les quantités d'aliment distribuées ont permis aux animaux d'exprimer des croissances moyennes équivalentes jusqu'au 95^e jour d'élevage. Durant cette période, leurs poids corporels sont aussi comparables. A partir du 124^e jour, la croissance des mâles du groupe F0 est significativement plus élevée ($p < 0,05$) que celle des poissons des groupes F100 et F50.

Les croissances des poissons des différents groupes (F0, F50 et F100) sont significativement différentes ($p > 0,05$) à partir du 154^e jour et la différence est devenue hautement significative ($p > 0,01$) entre les mâles du groupe F0 et les femelles du groupe F100. Du 154^e au 184^e jour d'élevage, la croissance s'est stabilisée dans tous les groupes, ce qui s'est traduit sur les courbes par des paliers (Figure 20). Cette stagnation de croissance est la conséquence de la réduction de la consommation d'aliment consécutive aux faibles niveaux de températures enregistrés à cette période. A la fin de l'expérience les poissons des groupes F0, F50 ; F100, MF50 et FF50 ont atteint respectivement les poids finaux de 277 g, 208 g, 166 g, 245 g et 176 g (annexe 3).

Pour les ♂ comme pour les ♀, les poids finaux atteints en élevage monosexé sont supérieurs aux poids atteints en élevage mixte. Par ailleurs, les animaux du groupe F50 ont des niveaux de croissance intermédiaires entre ceux des groupes F0 et F100.

4.1.1.4- Discussion

Dans les conditions d'élevage en cages flottantes sur le fleuve Niger, la croissance des mâles *Oreochromis niloticus* est supérieure à celle des femelles. Les faibles croissances des femelles sont généralement attribuées à la fonction de reproduction. L'énergie investie dans la formation des ovocytes, le jeûne total puis partiel associé à l'incubation buccale des œufs et des larves sont souvent considérés comme les principaux facteurs responsables du dimorphisme de croissance en faveur des mâles (Mélard, 1986; Baroiller et Jalabert, 1989).

Or, l'incubation buccale et la garde parentale ne se produisent pas en cages flottantes car, faute de support, les œufs produits sont entraînés par le courant d'eau du fleuve à travers les mailles. Les femelles élevées dans ces conditions peuvent régulièrement s'alimenter sans interruption ni restriction imposée par les périodes d'incubations et de garde. Malgré ces conditions d'élevage relativement favorables, une différence significative de croissance ($p > 0,05$) est apparue à partir de 68,5 g chez les femelles et 83,1 g chez les mâles. Celle-ci est cependant tardive par rapport à celle observée chez d'autres souches d'*Oreochromis niloticus*, élevées dans diverses conditions.

Dans la littérature, la différence de croissance entre mâle et femelle de cette espèce apparaît aux alentours de 30 à 40 g (Lazard, 1986; Mélard *et al.*, 1989), à environ 35 g pour les femelles et 40-45 g pour les mâles de la souche Bouaké élevés en circuit fermé, stade qui se situe entre le moment de différenciation sexuelle et celui de la première maturité sexuelle (Toguyeni 1996). Les alevins de 120 jours d'âge utilisés dans notre cas étaient sexuellement différenciés au moment de leur introduction en cages car, chez cette espèce, la différenciation sexuelle intervient entre les 23^e et 26^e jours post-éclosion à 26°C (Nakamura et Nakagama, 1985), entre les 24^e et 31^e jours post-éclosion à 27°C (Baroiller, 1988).

Au moment de l'apparition de la différence de croissance entre mâle et femelle, au cours de notre expérience (68,5 g), les poissons auraient été sexuellement matures. Certains auraient même déjà effectué leur premier cycle de reproduction notamment dans d'autres conditions d'élevage avec des températures supérieures ou égales à 22°C. L'acquisition de la maturité sexuelle serait dans nos conditions d'élevage retardée par un ou plusieurs facteurs externes, spécifiques au fleuve Niger (vitesse du courant, turbidité, températures) et/ou de structure d'élevage (cages à mailles de 14 mm) provoquant ainsi le décalage observé dans l'apparition du dimorphisme de croissance en faveur des mâles.

L'influence des facteurs externes sur la maturation sexuelle de cette espèce, a été soulignée par plusieurs auteurs (Lowe McConnel, 1958; Mélard, 1986; Duponchelle et Panfili, 1998). Selon Duponchelle *et al.*, (1998), il existe une plasticité phénotypique qui permet à l'espèce de réagir selon les conditions environnementales. Le transfert d'alevins

de 25 g des étangs vers les cages flottantes installées dans le fleuve pourrait ainsi influencer les caractéristiques de reproduction notamment le retard de mise en place de la première maturité sexuelle, en réponse aux nouvelles conditions du milieu. Un tel décalage de la période de maturité sexuelle pourrait ensuite retarder l'apparition du dimorphisme de croissance en faveur des mâles.

Ce dimorphisme de croissance est apparu au moment où chez les mâles, les quantités d'aliment distribuées et les indices de conversion sont significativement meilleurs que ceux des femelles. La différence de capacité d'ingestion et de transformation d'aliment observée entre les mâles et les femelles serait, dans le cas présent, à l'origine de cet écart de croissance comme cela a été rapporté par Mélard, (1986); Toguyeni *et al.*, (1997b); Fauconneau *et al.*, (1997). Les stéroïdes (testostérone) et les hormones thyroïdiennes (T3) impliqués dans la conversion alimentaire et présents à des taux élevés chez les mâles, seraient responsables de l'efficacité de transformation alimentaire et par conséquent, de l'avantage de croissance observé chez ces derniers (Ridha et Lone, 1990; Toguyeni, 1996; Fauconneau *et al.*, 1997).

Toutefois, chez cette même espèce de souche Bouaké, élevée en circuit fermé et nourrie à volonté, c'est chez les femelles du groupe F100 que la consommation d'aliment est la plus importante mais la croissance la plus faible (Toguyeni *et al.*, 1997b). Ce paradoxe est lié au fait qu'elles convertissent mal l'aliment ingéré en faveur de la croissance car, une partie est affectée à la formation du vitellus.

Dans notre cas, les faibles consommations d'aliment observées chez les femelles résulteraient du caractère discontinu et diurne de la distribution. A l'inverse de l'alimentation distribuée à volonté utilisée dans les travaux de Toguyeni *et al.*, (1997b), la méthode retenue dans notre expérience ne permettait pas de compenser, par des prises alimentaires répétitives, l'investissement dans la vitellogénèse. De même, il ne permettait pas aux poissons dominés, de compenser les déficits d'ingestion occasionnés par les effets de comportements sociaux.

La différence de croissance entre mâles et femelles est plus importante en élevages purs entre les mâles du groupe F0 et les femelles du groupe F100 qu'en élevages mixtes entre mâles et femelles du groupe F50. Dans ce dernier groupe, ce sont les mâles qui ont exprimé des faibles croissances, leurs poids moyens finaux représentent 88,68% de ceux des mâles du groupe F0. Des faibles croissances des mâles élevés avec les femelles ont également été signalées dans les travaux de Toguyeni *et al.*, (1997c). Cette baisse de croissance est la conséquence de l'émergence de comportements reproducteurs liés à la présence des femelles. Les interactions sociales entre des individus de sexe opposés sont des facteurs connus pour moduler le potentiel de croissance individuelle et principalement la différence de croissance entre mâles et femelles (Fauconneau *et al.*, 1997). Dans ces conditions, les mâles sont les premiers à investir dans la reproduction, à travers la formation des couples, la construction et la défense des nids, la parade sexuelle et l'augmentation d'agressivités (Baras et Mélard, 1996). La plupart de ces séquences comportementales liées à la reproduction (territorialité, dominance et hiérarchie) sont exacerbées par la présence des femelles. Cet investissement reproducteur associé à une moindre prise alimentaire, se traduit par des baisses de

croissance. Les mâles élevés dans des conditions favorables au développement de tels comportements ont toujours présenté des croissances faibles (Mélard, 1986).

En revanche, la présence des mâles n'a pas affecté la croissance des femelles du groupe F50. Celle-ci est même légèrement supérieure à celle des femelles du groupe F100. Ces résultats sont contraires à ceux rapportés dans les travaux de Toguyeni *et al.*, (1997c). Ces auteurs ont remarqué que, le taux de croissance des femelles élevées en mixtes représente 91% de celui des femelles monosexes. Ils estiment que cette baisse de croissance est liée aux conséquences des comportements sociaux et reproducteurs résultants de la présence des mâles. En cages flottantes, ces comportements seraient probablement atténués par les caractéristiques du milieu notamment, la turbidité, la vitesse du courant, les variations de températures. De telles conditions d'élevage qui atténuent les interactions sociales et reproductrices, favorisent la croissance des femelles et explique les meilleures croissances observées chez celles du groupe F50.

En cages flottantes, la croissance des mâles est supérieure à celle des femelles parce qu'ils consomment plus et convertissent mieux l'aliment distribué. Cette différence de croissance apparaît aux environs de 70 g chez les femelles stade de croissance plus avancé, que celui généralement observé chez cette espèce. Par ailleurs, les femelles élevées en mixtes (groupe F50) expriment des croissances légèrement supérieures à celles élevées en monosexes (groupe F100).

4.1.2- Effets de la vitesse du courant

4.1.2.1- Introduction

Chez *Oreochromis niloticus*, les meilleures croissances des mâles résulteraient de la fonction testiculaire, de comportements sociaux et/ou de la diminution relative de la croissance des femelles, consécutive à l'importante dépense énergétique engendrée par les activités de reproduction en particulier, la production des ovules et les gardes maternelles. Dans l'hypothèse d'un tel dimorphisme de croissance liée à la fonction de reproduction, toute altération de cette dernière se traduirait alors chez les femelles, par une amélioration de leurs performances de croissance. Chervinsky, (1982) rapporte que les conditions d'élevage susceptibles de perturber la reproduction influencent fortement la croissance des femelles chez les tilapias.

La présente expérience vise à déterminer les effets de la vitesse du courant sur la croissance des femelles par rapport à celle des mâles lorsque les animaux sont élevés en cages flottantes dans le fleuve Niger.

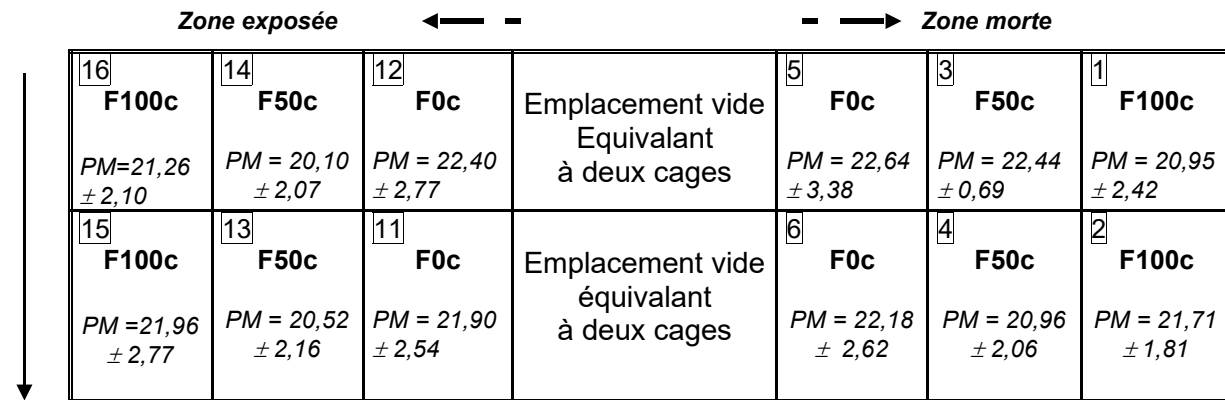
4.1.2.2- Protocole expérimental

Un lot homogène de 1800 poissons (900 mâles et 900 femelles) est prélevé puis introduit dans 12 cages de 5 m³ à raison de 150 individus/cage. Les cages sont installées sur la

rive gauche du fleuve à la hauteur de la station de pompage. Cet emplacement offre deux zones distinctes :

Une zone exposée au fort courant dans laquelle les poissons sont habituellement élevés appelée zone exposée et une zone abritée où la vitesse est relativement faible appelée «zone morte».

L'ensemble du module des cages est scindé en deux parties égales. La première est placée en zone de fort courant et la seconde en zone morte. Chaque partie est composée de 6 cages réparties en deux cages contenant des poissons 100% mâles appelées groupe F0c, deux cages mixtes (50% mâles et 50% femelles) appelées groupe F50c et deux cages chargées à 100% de femelles appelées groupe F100c (Figure 24).



N° : Numéros de cage; F100: 100% femelles; F0: 100% mâles; F50: 50% mâles et 50% femelles; PM: poids moyen en grammes; ±: Ecart type; ↓ : sens du courant de l'eau du fleuve.

Figure 24: Dispositif expérimental pour déterminer les effets de la vitesse du courant d'eau du fleuve Niger sur la différence de croissance entre mâle et femelle chez *Oreochromis niloticus*.

Les animaux sont nourris avec de l'aliment F2* qui contient 40% de protéines à hauteur de 5% de leur biomasse. Cette ration est divisée en deux repas quotidiens distribués manuellement à 9 heures et à 16 heures selon l'appétit des poissons.

Les performances de croissances des animaux sont déterminées à partir de la croissance journalière individuelle et de la différence de coefficients de condition. L'efficacité de l'aliment est évaluée à partir de l'indice de conversion.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau sont suivis une fois par semaine dans les deux zones d'élevage (zone morte et zone exposée). Il s'agit de la vitesse du courant, du pH, du taux d'oxygène dissous, des températures minimales et maximales. En raison de manque de différences d'une zone d'élevage à l'autre, les températures sont relevées à un seul endroit.

4.1.2.3- Résultats

L'expérience a duré 30 jours du 16/10/1996 au 15/11/1996. Elle s'est déroulée dans des conditions de températures minimale et maximale respectives de 22,5°C et 29°C. Le pH et l'oxygène dissous varient respectivement de 7,76 à 8,89 et de 4,22 à 5,72 mg/l. Les valeurs des paramètres ci-dessus indiquées sont comparables dans les deux zones d'élevage. La vitesse est supérieure à 3 cm/s dans la zone exposée au fort courant et inférieure à 1,5 cm/s dans la zone morte (Figure 25).

En zone morte, une des deux cages mâles du groupe F0c a perdu accidentellement tous ses poissons dans le fleuve, ce sont donc les résultats d'une seule cage qui sont donnés. Dans cette zone, la survie varie de 88% chez les femelles du groupe F100c à 99% chez les mâles du groupe F50c.

En zone exposée au fort courant, la survie varie de 92% chez les mâles du groupe F50c à 99% chez ceux du groupe F0c. De manière générale, la survie des individus exposés au courant est significativement plus élevée ($p > 0,05$) que celle des poissons situés en zone morte (Tableau 10).

Les quantités d'aliment distribuées aux individus du groupe F50c est significativement plus élevée ($p > 0,05$) en zone morte qu'en zone exposée au fort courant et le contraire chez les femelles du groupe F100c (Tableau 10).

En zone morte, l'indice de conversion varie de 1,15 chez les mâles du groupe F0c à 2,01 chez les femelles du groupe F100c. En zone exposée au fort courant, il varie de 1,30 chez les mâles du groupe F0c à 1,91 chez les femelles du groupe F100c (Tableau 10).

En zone morte, la croissance journalière individuelle des mâles F0c est supérieure, de manière significative ($p > 0,05$), à celle des individus des groupes F50c et F100c. Les mâles du groupe F50c ont une croissance significativement inférieure ($p > 0,05$) à celle des mâles du groupe F0c tandis que celle des femelles du groupe F50c est comparable à celle des femelles F100c (Tableau 11).

Dans le groupe F50c, les croissances des mâles et femelles exposés au fort courant sont comparables ($p < 0,05$) à celles des mâles et des femelles du même groupe situé en zone morte. En revanche, celles des femelles du groupe F100c de la zone exposée au fort courant sont significativement plus élevées ($p > 0,05$) que celles des femelles du même groupe situées dans la zone morte.

La différence de coefficient de condition est également plus élevée chez les mâles du groupe F0c que chez les individus des groupes F100c et F50c. Dans ce dernier groupe, la différence de coefficient de condition des femelles est légèrement supérieure à celle des mâles et des femelles des groupes F0 et F100c.

Par ailleurs, la différence de coefficient de condition entre le début et la fin d'expérience est légèrement plus élevée en zone exposée. Elle est significativement plus élevée

($p > 0,05$) chez les femelles du groupe F100c de la zone exposée au fort courant que chez celles du même groupe situées en zone morte (Tableau 11).

4.1.2.4- Discussion

Les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage montrent que les animaux sont élevés dans des conditions optimales à l'expression de bonnes performances de croissance au vue de leurs exigences écologiques rapportées dans les travaux de Mélard, (1986); Kestemont *et al.*, (1989); Lazard *et al.*, (1990).

Les deux zones d'élevage se distinguent véritablement l'une de l'autre par la vitesse du courant. Dans ces deux zones, la croissance des mâles (groupe F0c) est comparable à celle enregistrée au cours de l'expérience précédente (paragraphe 4.1.1.3) réalisée dans des conditions d'élevage proches de celles de la zone exposée au fort courant (notre étude). Chez les individus du groupe F50c où, la croissance et l'embonpoint des femelles sont comparables dans les deux zones. En revanche, dans le groupe F100, la croissance des femelles élevées en zone exposée au fort courant est significativement plus élevée ($p > 0,05$) que celle des femelles de la zone morte.

La vitesse du courant n'a donc pas d'effets sur les performances de croissance des mâles (groupe F0C) et des femelles élevées avec des mâles (groupe F50c) mais, elle influe sur la croissance et l'embonpoint des femelles du groupe F100c.

Les meilleures performances de croissances des femelles du groupe F100c de la zone exposée au fort courant proviennent d'une bonne conversion de l'aliment ingéré par rapport à celles de la zone morte.

Silverman (1978) travaillant sur *Oreochromis mossambicus* constatent, que l'activité reproductrice des mâles est peu influencée par la présence d'autres individus tandis que chez les femelles, une nette différence de fécondité est observée selon qu'elles sont isolées ou en groupe. Harold et Silverman (1978), Schreiber, *et al.*, (1998) rapportent que les femelles élevées en groupe ont des croissances plus faibles que celles qui sont isolées. Toguyeni *et al.*, (1997a) ont fait des observations similaires chez des animaux élevés en bacs et en circuit fermé mais nourris à volonté. Quelle que soit la nature du sexe, la présence d'autres poissons de même espèce influence positivement la fécondité des femelles car, les signaux visuels, sonores, et chimiques sont susceptibles de stimuler leur reproduction. La vision joue un rôle prédominant dans les comportements des Cichlidae parce que, les animaux sont directement informés du statut de leurs partenaires à travers leurs caractéristiques morphologiques ou la forme et l'enchaînement particulier de leurs actes (Baerends et Baerends-Van Roon, 1950).

La vitesse du courant pourrait agir sur la transmission de ces différents signaux et inhibe ainsi certaines étapes de la reproduction chez les femelles exposées au fort courant ce qui aboutira à une meilleure conversion de l'aliment en faveur de la croissance.

Les mâles du groupe F0c ont les mêmes croissances quelle que soit la zone d'élevage considérée. La vitesse du courant est sans conséquence sensible sur leur croissance.

En cages flottantes dans le fleuve, la vitesse du courant améliore positivement la croissance des femelles élevées en monosex chez Oreochromis niloticus.

4.1.3- Effet du comportement social sur la croissance

4.1.3.1- Introduction

Les résultats obtenus sur l'étude de la croissance d'*Oreochromis niloticus* élevés en cages flottantes montrent que la vitesse du courant est sans conséquences sur la croissance des mâles alors qu'elle favorise celle des femelles. Rouger, (1996); Toguyeni, (1996) ont rapporté que les mâles et les femelles de cette espèce ont des comportements sociaux différents. Cette différence de comportements aurait entraîné une différence des effets de la vitesse du courant sur la croissance des animaux des deux sexes.

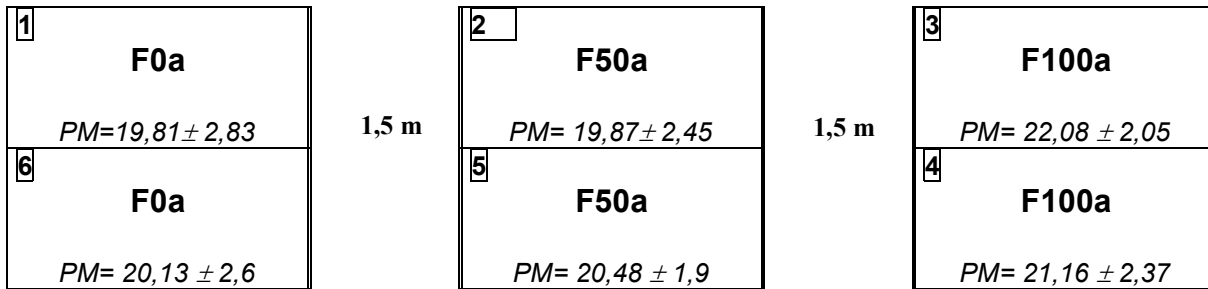
Sur le fleuve Niger, l'alternance marquée de saisons chaude et froide provoque d'importantes variations de températures de l'eau. La période de crue de la saison des pluies induit de fortes variations de la turbidité mais surtout de la vitesse du courant (Mikolasek *et al.*, 1997b). La vitesse du courant pourrait désorganiser la hiérarchie sociale des femelles et permettre un accès plus équitable des poissons à l'aliment distribué ce qui se traduirait par l'amélioration de leur croissance générale.

La présente expérience est réalisée en aquariums pour étudier les comportements de 3 groupes de poissons (100% mâles (F0a), 100% femelles (F100a) et 50% mâle et 50% femelles (F50a). L'objectif étant de déterminer la manière dont la hiérarchie sociale s'établit et se maintient entre les différents groupes notamment vis à vis des perturbations externes comme l'action de nettoyage des aquariums.

4.1.3.2- Protocole expérimental

Les fingerlings issus de la technique de production décrite au chapitre 3 sont triés pour constituer une population homogène. Dans cette population 96 individus (48 mâles et 48 femelles) sont prélevés et introduits dans 6 aquariums à raison de 16 poissons par aquarium.

Les 3 groupes d'aquariums sont séparés par un espace équivalent à 1,5 m (Figure 26).



N°: Numéro d'aquarium; F100a: 100% femelles; F50a: 50% mâles et 50% femelles; F0a: 100% mâle; PM: Poids Moyen en grammes; \pm : Ecart-type.

Figure 26: Dispositif expérimental pour étudier le comportement social des mâles et femelles d'*Oreochromis niloticus* élevés en aquariums.

Avant de les introduire en aquarium, les fingerlings sont individuellement pesés, mesurés et marqués pour faciliter l'observation de leurs comportements. Le marquage se fait par introduction, au moyen d'un pistolet, d'une marque «Spaghetti» à collier coloré dans les muscles du dos de chaque poisson. La variété des couleurs et leur position permet d'individualiser chaque poisson. Les poissons ainsi marqués transitent dans un bain au vert de Malachite, avant d'entrer en aquarium. Ce bain est pratiqué pour prévenir les risques d'infection des blessures occasionnées par l'introduction des marques.

L'expérience proprement dite débute après 7 jours d'acclimatation des poissons dans ces nouvelles conditions d'élevage pour ensuite durer 30 jours. Les animaux reçoivent de l'aliment F2* à hauteur 5% de leur biomasse. Cette ration est distribuée manuellement deux fois par jour (à 9 heures et à 16 heures) et 6 jours sur 7, en partie ou en totalité selon l'appétit des animaux. Les paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage (températures mini-maxi, taux d'oxygène dissous) sont régulièrement suivis.

Les comportements de chaque individu avant, pendant et après l'alimentation sont observés et notés à partir des critères suivants:

- les dominants sont les poissons qui attaquent les autres et les pourchassent hors de leur territoire, ils sont peu nombreux (maximum 2/aquarium) et très agressifs ;
- les dominés n'attaquent pas, ils sont peu nombreux (2 à 3/aquarium) et se font agresser par les autres ;
- et les dominants - dominés attaquent les dominés et se font agresser par les dominants ; ce sont les plus nombreux (plus de la moitié des poissons de l'aquarium).

A la fin de l'expérience, les poissons de chaque aquarium sont systématiquement identifiés, sexés, pesés, mesurés et donc comptés. Leurs performances zootechniques

sont déterminées à partir de la survie, de la croissance journalière individuelle et du coefficient de condition. L'efficacité de l'aliment utilisé est appréciée à partir du taux de consommation et de l'indice de conversion.

Les comparaisons des différents paramètres et les analyses des variances sont effectuées au test de Duncan à 5% pour les différences significatives et 1% pour les différences hautement significatives.

4.1.3.3- Résultats

- Performances zootechniques

L'expérience a eu lieu au même moment que la précédente (paragraphe 4.1.2) du 16/10/1996 au 15/11/1996.

Les animaux sont élevés dans de conditions de températures minimales et maximales respectives de 26°C et 27,5°C et d'oxygène dissous de 4 à 5,5 mg/l. La survie varie de 88% chez les mâles du groupe F50a à 100% chez les femelles des groupes F50a et F100a.

La quantité d'aliment distribuée aux femelles du groupe F100a est significativement plus élevée que celle reçue par les autres groupes de poissons. En revanche, elle est la même chez les animaux des groupes F0a et F50a.

Les indices de conversion sont aussi comparables ($p < 0,05$) chez les animaux des groupes F0a et F50a mais significativement meilleurs ($p > 0,05$) que ceux des femelles du groupe F100a. Les croissances individuelles moyennes des poissons des différents groupes sont comparables ($p < 0,05$) avec cependant un léger avantage chez les mâles du groupe F50a.

Les coefficients de condition des différents groupes sont les mêmes en début d'expérience avec cependant, un léger écart en faveur des mâles du groupe F0a. A la fin de l'expérience, il n'y a pas non plus de différences significatives ($p < 0,05$) entre les groupes mais ceux des femelles des groupes F100a et F50a sont légèrement plus élevés. Les différences entre les coefficients de condition enregistrés au début et en fin d'expérience sont également comparables entre les différents groupes (Tableau 12).

- Hiérarchie sociale

Les comportements sociaux débutent par des poursuites, des contacts bouche-à-bouche, des contacts latéraux (bouche-flanc), des nages parallèles avec redressement de la nageoire dorsale. Ils aboutissent à l'établissement de la hiérarchie qui se traduit par l'apparition de trois groupes de poissons: les dominants, les dominés et des dominants/dominés. Les dominants sont peu nombreux, agressifs, maîtres du lot, ils se distinguent par une coloration noire autour de la nageoire dorsale et font partie des têtes de lot même s'ils ne sont pas toujours les plus gros poissons. Les dominés qui sont minoritaires et stressés, revêtent une coloration grisâtre. Entre ces deux groupes apparaît

la majorité des poissons qui sont à la fois dominés et dominants car, ils sont agressés par les dominants mais attaquent souvent les plus dominés.

Dans le groupe F0a, les premiers dominants le demeurent jusqu'à la fin de l'expérience malgré les perturbations du milieu d'élevage engendrées par les nettoyages des aquariums. Chez les animaux du groupe F50a, tous les mâles dominant mais les plus gros ne sont pas les plus dominants. L'agressivité est plus accentuée entre les animaux du même sexe qu'entre ceux de sexes opposés.

Chez les femelles F100a, le comportement de dominance est fonction de la taille de l'individu. L'une des plus grosses femelles domine le lot (généralement une seule) et les plus petites se mettent à l'écart. En revanche, après le nettoyage des aquariums, la hiérarchie tarde à se réinstaller et quand elle s'installe, la dominante n'est pas toujours la même.

- Comportement alimentaire

Le comportement alimentaire est observé pendant le nourrissage. Il se manifeste par de prises de position de différentes catégories de poissons selon leur rang social. Au début, les dominants partent à la rencontre de l'aliment pendant que les dominés sont au fonds de l'aquarium. Au fur et à mesure que l'aliment devient abondant et atteint le fonds, la position initiale s'inverse, les dominants redescendent et les dominés chassés remontent. Une fois redescendus les dominants occupent des espaces proportionnels à leur rang social dans lesquels se trouvent de l'aliment qu'ils gardent.

En définitive, le dominant strict défend son territoire qui représente la majeure partie de la surface du fonds de l'aquarium dans laquelle, il conserve l'aliment qu'il consomme d'ailleurs très peu. Les dominants/dominés se mettent au-dessus pour intercepter l'aliment distribué. Quant aux dominés, ils se placent dans le coin supérieur de l'aquarium sans se précipiter sur l'aliment. Ils commencent à se nourrir quand tous les autres auraient fini. Ils ne réagissent pas aux agressions et à partir d'un certain moment, ils deviennent incapables de s'alimenter et finissent par mourir. La plupart des mortalités enregistrées proviennent de cette catégorie de poissons.

Le comportement alimentaire ci-dessus décrit se retrouve chez les animaux des groupes F0a et F100a ainsi que chez les mâles du groupe F50a avec cependant moins d'agressivité chez les femelles F100a. En revanche, les femelles du groupe F50a ont tendance à ne pas présenter des comportements alimentaires particuliers, presque toutes se nourrissent sans inquiétude, l'aliment est rendu disponible par les mâles (qui mangent relativement moins) sauf, au cas où une femelle isolée s'approcherait du territoire d'un couple.

- Comportement reproducteur

Le comportement reproducteur est perceptible chez les animaux du groupe F50a. Il apparaît mieux chez les mâles de ce groupe qui le manifestent par des semblants de creusements de nids avec prélèvements de substrat au fonds de l'aquarium, formation de

couple, parades sexuelles et moindres prises alimentaires. Ce comportement est accompagné de prise de coloration noire en bordure des nageoires (dorsale et caudale) et de fortes agressivités.

4.1.3.4- Discussion

La hiérarchie sociale est plus consolidée chez les mâles que chez les femelles car, chez ces dernières les perturbations engendrées par le nettoyage des aquariums suffisent pour bouleverser l'ordre social alors qu'elles sont sans conséquences chez les mâles où la hiérarchie retrouve son ordre initial dans les minutes qui suivent. Cette différence de comportement social expliquerait la sensibilité des femelles (groupe F100) à la vitesse du courant. La vitesse du fort courant pourrait agir sur la hiérarchie sociale afin de la désorganiser de manière permanente et les animaux auraient un accès plus équitable à l'aliment distribué. Cela se traduit par l'amélioration significative de leur croissance générale.

Chez les mâles, les comportements sociaux constituent des sources de pertes très importantes d'énergie notamment, parce qu'ils sont les premiers à investir dans le creusement de nids, la formation des couples, les parades sexuelles et l'augmentation d'agressivité (Mélard, 1986; Fauconneau *et al.*, 1997). Ces investissements énergétiques des mâles sont à l'origine de la différence de croissance entre ceux du groupe F50 et ceux du groupe F0. Chez *Oreochromis niloticus* de telles différences de croissance entre mâles des deux groupes ont été observées dans des conditions d'élevage variées (Toguyeni *et al.*, 1997b; Fauconneau *et al.*, 1997).

La hiérarchie sociale est plus consolidée chez les mâles des groupes F0 que chez les femelles des groupes F100. Cette différence comportementale aurait entraîné des conséquences différentes des effets de la vitesse sur la croissance des mâles et femelles élevés en cages flottantes.

4.2- SENSIBILITÉ DE LA SOUCHE AUX TRAITEMENTS D'INVERSION DU SEXE

4.2.1- Traitements hormonaux

4.2.1.1- Introduction

Les conditions d'élevage en cages flottantes, en particulier la vitesse du courant, influencent positivement la croissance des femelles d'*Oreochromis niloticus*. Mais cet avantage par rapport aux étangs risque d'être insuffisant pour garantir véritablement la rentabilité de leur production en élevage, parce que leur taux de croissance décroche plus précocement que celui des mâles, soit avant 140 g, stade à partir duquel, au Niger, on peut trouver un marché preneur de poissons de taille moyenne.

Plusieurs techniques de production de populations mâles ont été développées mais les plus appliquées sont l'hybridation interspécifique et l'inversion hormonale du sexe. La technique d'hybridation interspécifique qui conduit à la production des populations mâles a

été décrite pour la première fois par Hickling, (1960) sur une descendance issue du croisement entre *Oreochromis mossambicus* (femelle) et *Oreochromis hornorum* (mâle).

Par la suite, d'autres croisements interspécifiques qui aboutissent à des hybrides F1 mâles ont été rapportés dans de nombreux travaux (Pruginin, 1967; Jalabert *et al.*, 1971). Le croisement le plus connu est celui réalisé entre *Oreochromis niloticus* femelles (XX) et *Oreochromis aureus* mâles (ZZ) pour obtenir une descendance composée théoriquement à 100% des mâles (ZX, ZX, XZ et XZ). Ces hybrides en plus de leur phénotype et de leur vigueur, présentent une tolérance accrue aux variations de températures. *Oreochromis niloticus* contribue pour ses bonnes performances de croissances et *Oreochromis aureus* pour sa plus grande résistance aux basses températures.

Mais dans des croisements interspécifiques, l'obtention d'une descendance qui s'écarte de plus en plus de 100% de mâles attendus, 93 à 98% selon Pruginin *et al.*, (1975), 92,5% d'après Mélard et Phlippart, (1981) et les faibles nombres d'alevins obtenus (66% du niveau normal de production) selon Mélard *et al.*, (1994), ont entraîné le rejet total ou partiel de cette technique. Ces contres performances résultent des difficultés de maintenir la souche parentale pure (Pruginin *et al.*, 1975), de l'incompatibilité génétique entre deux espèces différentes (Lovshin, 1982) et des faibles succès enregistrés lors de la reproduction (Lee, 1979). Actuellement, la production d'hybrides issus du croisement entre *Oreochromis aureus* et *Oreochromis niloticus* continue d'être appliquée en raison notamment, de la tolérance de la descendance aux variations de températures. Mais l'obtention d'une population constituée essentiellement de mâles fait le plus souvent appel à l'application de la technique d'inversion hormonale du sexe.

La meilleure façon d'utiliser l'ensemble des alevins produits dans le cycle de production de poissons marchands est d'obtenir par voie hormonale une population monosexue mâle. Cette technique consiste à incorporer dans l'alimentation des jeunes alevins, pendant une courte période, des stéroïdes caractéristiques du sexe mâle (Mélard *et al.*, 1994). Ces hormones sont pour la plupart d'entre elles constituées de molécules artificielles dérivées de la testostérone, en particulier la 17 α -méthyltestostérone, la 17 α -méthyltestostérone, l'acétate de dihydrotestostérone, la propionate de testostérone (Baroiller et Toguyeni, 1996). Avec ces stéroïdes de synthèse, des inversions totales du sexe de tilapias ont été obtenues malgré, la grande diversité qui caractérise les conditions expérimentales (Baroiller et Jalabert, 1989; McAndrew, 1993). Mais, les produits du métabolisme de ces molécules de synthèse ont été insuffisamment étudiés, en particulier leurs conséquences écologiques ; cela a provoqué l'interdiction de leur usage dans certains pays notamment ceux de la communauté européenne (Baroiller *et al.*, 1996).

Des travaux récents réalisés au laboratoire sur des jeunes alevins d'*Oreochromis niloticus* ont permis d'identifier des androgènes naturels au cours des étapes précoces de l'ontogenèse gonadique. Les potentialités masculinisantes de l'une de ces hormones naturelles, la 11 β -hydroxyandrosténone, ont été testées avec succès chez 4 espèces de tilapias *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Sarotherodon melanotheron* et l'hybride *Red Florida* (Baroiller *et al.*, 1996; Baroiller et Toguyeni, 1996; Desprez, 1997). Cette hormone est présente dans le poisson, qui a donc la capacité de la dégrader. En

plus, les produits dérivés de son métabolisme existent déjà dans le milieu naturel et en plus, elle s'est révélée aussi efficace que l'hormone de synthèse (Baroiller et Toguyeni, 1996, Desprez, 1997).

Ce travail a pour objectif de tester la sensibilité d'*Oreochromis niloticus* souche Niger aux traitements hormonaux d'inversion du sexe utilisant la 17 α -méthyltestostérone et la 11 β -hydroxyandrosténone en aquarium afin de déterminer l'hormone la plus efficace qui permettra de développer ultérieurement la production massive des populations mâles.

4.2.1.2- Protocole expérimental

- Traitement hormonal

L'efficacité du traitement hormonal d'inversion du sexe dépend de l'âge de l'alevin à partir duquel il est appliqué. L'alevin est sensible du 9^{ème} aux 13-14^{ème} jours après la fécondation de l'œuf. Au-delà de cette période critique, le traitement ne pourrait plus être efficace car le phénotype du jeune alevin serait engagé conformément à son génotype et serait peu sensible aux facteurs stéroïdiens externes (Baroiller et Toguyeni, 1996). L'administration des stéroïdes aux jeunes alevins doit commencer avant la mise en place des processus histologiques de différenciation du sexe et couvrir toute cette période (Yamamoto, 1969; Macintosh *et al.*, 1985; Baroiller *et al.*, 1996). Chez les femelles ces processus histologiques débutent, à 27°C, par la prolifération ovogoniale entre les 20^{ème} et 28^{ème} jours après la fécondation (annexe 4) suivie du début de prophase de la méiose de 28 à 35 jours après la fécondation (Baroiller, 1988).

Comme la résorption de la vésicule vitelline, donc le début de la première alimentation exogène du jeune alevin, intervient aux environs de 9 jours post-fécondation à 27°C (Gilling *et al.*, 1996), le traitement hormonal d'inversion du sexe doit être appliqué sur la période de 9^{ème} aux 30-35^{ème} jours après la fécondation soit pendant 21 à 28 jours.

Les alevins d'âge connus, produits à partir de la technique décrite au chapitre 3, sont regroupés par ponte. L'expérimentation est menée sur 2 pontes différentes ayant permis d'obtenir respectivement 650 et 759 alevins. 600 alevins de la première ponte sont soumis à la 17 α méthyltestostérone (17 α -MT) et 600 alevins de l'autre ponte à la onze bêta hydroxyandrosténone (11 β -OHA4). Pour chaque hormone, des tests sont réalisés pour 2 doses (20 et 30 μ g/g d'aliment en duplicat). De plus, 12 témoins par ponte sont suivis. Ainsi 100 alevins sont répartis dans chaque aquarium.

Comme les alevins sont obtenus à partir des géniteurs naturels (mâles hétérozygotes et femelles homozygotes), les proportions de mâles qu'ils comportent sont très variables. Une femelle prise individuellement peut produire de 31 à 77% de mâles chez *Oreochromis niloticus*, 60% de mâles selon Meyer et Smitherman (1996). De ce fait, l'efficacité du traitement hormonal d'inversion du sexe est déterminée à partir des témoins prélevés au hasard de chaque ponte qui doivent comporter les caractéristiques du sexe ratio de la population mère. Ainsi l'efficacité de chaque traitement est contrôlée par deux témoins (un pour chacun type d'hormones).

- Traitement

Au cours du traitement, les animaux sont nourris à l'aliment Biomar starter «hormoné» à 25% de la biomasse, 6 fois par jour et 7 jours sur 7, grâce aux distributeurs automatiques programmables Rena DL 50. Les deux types d'hormones sont appliqués pendant 28 jours. Pendant ce temps, les températures minimales/maximales et l'oxygène dissous sont régulièrement suivies. Dès la fin du traitement (39 à 41 jours après la fécondation selon les cas), les alevins sont dédoublés dans des différents aquariums et nourris à l'aliment Biomar deuxième âge, à 10% de la biomasse jusqu'au sexage précoce. Ainsi, les sex-ratios des lots traités sont comparés à ceux des témoins au test de Khi-deux ($\alpha = 0,05$).

4.2.1.3- Résultats

La température minimale est de 26°C et la température maximale de 27,5°C. Le taux d'oxygène dissous varie de 4 à 5 mg/l. La survie (Tableau 13) est de 100% à la fin du traitement. Au moment du sexage précoce (75 à 80 jours après la fécondation pour les lots traités, 85 à 90 jours après la fécondation pour les témoins) elle varie de 71% chez les animaux traités à 20 µg/g de 11β-OHA4 à 97% chez ceux traités à 30 µg/g de 17α-MT (de 83 à 95 % chez les lots témoins). Celle des individus traités à la 17 α-MT est significativement plus élevée ($p > 0,05$) que celle des animaux traités à la 11β-OHA4. Chez ces derniers, la survie des témoins est significativement plus élevée ($p > 0,05$) que celle des animaux traités.

Le traitement à la 17α-MT entraîne une déviation significative du sexe ($p > 0,05$) vers le sens mâle. Cependant, cette hormone est plus efficace à 30µg/g car, la proportion de mâle induit à cette dose est significativement plus élevée ($p > 0,05$) que celle du lot traité à 20µg/g. A ces doses, les proportions des mâles sont significativement plus élevées ($p > 0,05$) que chez les témoins. Le traitement hormonal utilisant la 11β-OHA4 entraîne également une déviation du sexe vers le sens mâle. La proportion des mâles, chez les animaux traités, est significativement plus élevée ($p > 0,05$) que chez les témoins. Cette hormone est elle aussi d'autant plus efficace que la dose appliquée est importante (Tableau 14). Les résultats montrent aussi que la 17α-MT est plus efficace que la 11β-OHA4.

4.2.1.4- Discussion

Les animaux sont élevés dans des conditions compatibles avec les exigences écologiques de l'espèce. Ceux traités à la 11β-OHA4 ont une survie significativement inférieure à celle de leurs témoins et à celle des animaux traités à la 17α-MT. Guerrero(1982) et Macintosh *et al.*,(1988) utilisant l'hormone naturelle (andresténedione) ont également obtenu des résultats similaires. Le traitement à la 11β-OHA4 pourrait donc être responsable des mortalités enregistrées à l'image des résultats rapportés dans les travaux de Guerrero et Guerrero (1997) qui indiquent un faible taux de survie chez les poissons traités à l'andresténedione comparé aux témoins, 30 jours post fécondation très

proche de 28 jours de traitement utilisés dans notre cas. Ces auteurs soupçonnent l'existence, des effets négatifs de l'hormone naturelle, sur la survie des alevins.

En revanche, ces résultats sont contraires à ceux de Baroiller et Toguyeni (1996), Desprez, (1997) obtenus en utilisant la même hormone naturelle (la 11β -OHA4) respectivement chez *Oreochromis niloticus* souche Bouaké et l'hybride *Red Florida*. Ils ont montré que la survie des témoins ne diffère pas de celle des lots traités au cours du traitement et au moment du sexage.

Par ailleurs, les lots traités ont une croissance supérieure à celle des témoins parce que, ces derniers atteignent 5 g, stade à partir duquel intervient le sexage précoce, environ 10 jours plus tard que les premiers. Les effets anabolisants des androgènes sur la croissance des tilapias ont été soulignés par de nombreux auteurs (Mélard *et al.*, 1994; Toguyeni, 1996; Baroiller et Toguyeni, 1996; Desprez, 1997; Guerrero et Guerrero, 1997).

L'incorporation de ces deux types d'hormones dans l'aliment des jeunes alevins a provoqué la déviation de leurs sexes vers le sens mâle car, les pourcentages des mâles enregistrés chez les animaux traités sont supérieurs, de manière significative, à ceux des témoins. Yamamoto, (1969) était le premier à démontrer la possibilité d'inverser le sexe au moyen des stéroïdes en particulier, chez *Ozyzias latipes*. Ses travaux sont basés sur l'origine génétique du déterminisme du sexe mais dont la différenciation est induite par des stéroïdes.

Yoshikawa et Oguri (1978) constatent une inhibition de l'ovogenèse et une propagation des cellules somatiques de l'ovaire chez les femelles d'*Oreochromis aureus* traitées à la méthyltestostérone. Ils remarquent l'inhibition de la spermatogenèse et celle de la différenciation gonadique des mâles traités à doses élevées. Ces différentes approches ne permettent pas de comprendre clairement le rôle des stéroïdes dans la différenciation du sexe parce qu'elles ne s'appuient pas sur des preuves véritablement physiologiques.

Sur les quatre stéroïdes qui apparaissent au moment de la différenciation testiculaire du jeune alevin d'*Oreochromis niloticus*, deux (la 11β -OHA4 et l'androsténodione) sont spécifiques au sexe mâle et présentent des potentialités masculinisantes (Baroiller, 1988). Les différents traitements d'inversion du sexe sont appliqués entre les 9-13 et les 39-41 jours après la fécondation pour cadrer avec la période de mise en place des processus histologiques de différenciation sexuelle. La 11β -OHA4 incorporée à travers l'aliment agirait sur l'orientation de la différenciation sexuelle par les processus de métabolisme et de synthèse de stéroïdes tels que décrit par Baroiller (1988) en annexe 5. En revanche, le mode d'intervention de la 17α -MT n'a pas été clairement élucidé. Cette hormone pourrait même induire des effets paradoxaux en particulier, la féminisation des animaux traités à fortes doses (Hunter et Donadson, 1983).

La 17α -MT semble être plus efficace que la 11β -OHA4 car, les taux de masculinisation induit par la première hormone sont relativement plus élevés pour les deux doses appliquées. Ces résultats sont très proches de ceux de Guerrero et Guerrero (1997) utilisant la 17α -MT et l'androsténodione chez *Oreochromis niloticus*.

Les conditions d'élevage en particulier, les faibles températures, la qualité et l'appétence de l'aliment ainsi que les fréquences de distribution sont des facteurs qui affectent sérieusement l'efficacité des traitements hormonaux d'inversion du sexe. Au cours de nos expériences, les animaux sont élevés dans des conditions identiques qui ne sauraient expliquer cette différence de masculinisation entre les deux types d'hormones.

La plus grande efficacité de masculinisation de la 17 α -MT, même par rapport aux autres hormones de synthèse, a été soulignée dans de nombreuses revues sur diverses espèces de tilapias (Guerrero, 1982; Rothbard *et al.*, 1983; Macintosh *et al.*, 1985; Macintosh *et al.*, 1988). Par rapport à l'hormone naturelle, cette efficacité est liée à la présence du groupe méthyl qui la protège pendant le transit intestinal, rendant ainsi sa dégradation beaucoup plus lente et son pouvoir masculinisant intact (Fagerland et McBride, 1978; Donaldson *et al.*, 1979). Administrée à 30-60 μ g/g d'aliment pendant 25 à 60 jours après résorption de la vésicule vitelline, la 17 α -MT permet de produire des alevins monosexes mâles (Macintosh et Little, 1995 Guerrero, 1985; Baroiller et Toguyeni, 1996c). Son application conduit à l'inversion en mâles de 92 à 100% d'alevins génétiquement femelle selon Guerrero et Guerrero, (1988); Macintosh *et al.*, (1988) et Popma et Green, (1990).

D'autres travaux ont montré que ces deux types d'hormones ont des efficacités de masculinisation comparables aux doses équivalentes notamment, chez *Oreochromis niloticus* souche Bouaké, *Oreochromis aureus* et l'hybride *Red Florida* (Toguyeni et Baroiller, 1996; Mélard *et al.*, 1994; Desprez, 1997). Mieux, à faible dose une efficacité supérieure a été observée avec la 11 β -OHA4 car, des déviations significatives du sexe vers le sens mâle sont enregistrées chez les animaux traités à 1 μ g/g d'aliment alors qu'à cette dose, la 17 α -MT ne produit pas d'effets sensibles (Toguyeni et Baroiller, 1996).

Cependant, nos résultats sur l'efficacité de l'hormone de synthèse par rapport à l'hormone naturelle doivent être pris avec précautions car les deux types d'hormones sont appliqués sur des fratries différentes et des effets parentaux peuvent fortement influencer la sensibilité des alevins aux traitements d'inversion du sexe.

L'utilisation directe d'hormones sur des poissons destinés à la consommation humaine peut ternir leur image commerciale même quand il s'agit d'hormones naturelles qui sont jugées sans conséquences pour l'environnement et la santé humaine. Pour toutes ces raisons, des travaux portent actuellement sur la production de populations mâles sans usage direct d'hormones, à partir des géniteurs biomanipulés (Mélard *et al.*, 1994). Il s'agit des super mâles homozygotes YY produits chez les espèces à homogamétie femelle comme *Oreochromis niloticus* et des pseudofemelles homozygote ZZ chez des espèces à homogamétie mâles comme *Oreochromis aureus* (annexe 6). Les super mâles (YY) et les pseudofemelles (ZZ) croisés respectivement avec les femelles naturelles (XX) et les mâles naturels (ZZ) permettent d'obtenir théoriquement 100% de mâles dans les deux cas (Jenson et Shelton, 1979; Mair *et al.*, 1987; Baroiller et Jalabert, 1989; Mélard *et al.*, 1994; Desprez, 1997). En réalité, les taux de mâles obtenus sont souvent différents des 100% attendus: de 85 à 99% avec les pseudofemelles selon Mélard *et al.*, (1994).

Ces auteurs ajoutent que les facteurs externes comme la température, la photopériode, la qualité de l'eau et le stress agirait via les processus endocrinologiques sur le déterminisme phénotypique du sexe indépendamment du sexe génétique fixé à la fécondation.

Chez Oreochromis niloticus souche Niger, le traitement d'inversion du sexe utilisant l'hormone naturelle (la 11β -OHA4) et l'hormone de synthèse (la 17α -MT), appliqué 28 jours après la fécondation, entraîne la déviation significative du sexe des jeunes alevins vers le sens mâle avec cependant une efficacité supérieure et une mortalité moindre de l'hormone de synthèse. Ces résultats permettent d'envisager l'utilisation de cette technique pour la production massive de populations mâles.

4.2.2- Thermosensibilité

4.2.2.1- Introduction

Chez les tilapias, le déterminisme du sexe est du type monofactoriel XX/XY et ZZ/ZW rencontrés selon les espèces. Toutefois, des sexes ratios inattendus, incompatibles avec ce modèle sont souvent observées dans des croisements intraspécifiques qui devraient aboutir à 50% de mâles et 50% de femelles et interspécifiques qui donneront 100% de mâles (Baroiller *et al.*, 1996). Par ailleurs, aucune théorie génétique (Mair *et al.*, 1990; Avtalion et Hammerman, 1978; Majumdar et McAndrew, 1983; Mair *et al.*, 1987) ne permet d'expliquer de manière satisfaisante, l'apparition de ces sexes ratio inattendus.

Des facteurs environnementaux ont déjà été incriminés dans la détermination du sexe chez de nombreuses espèces. Ainsi, chez les reptiles et les amphibiens, malgré les directives génétiques imprimées à la fécondation, le sexe s'exprime selon le niveau de température d'incubation des œufs et celui d'élevage au cours de la période indifférenciée (Dournon *et al.*, 1990; Lang et andrew, 1994). Concernant les poissons gonochoriques, l'influence de la température sur la détermination du sexe a surtout été mise en évidence chez *Menida menida* (Conover, 1984, Conover et Heins, 1987), *Patagonia hatcheri* (Strüman et Patino, 1995), *Hoplosternum littorale* (Hostache *et al.*, 1995).

Chez *Oreochromis niloticus* et *Oreochromis aureus*, des travaux récents ont montré que des températures élevées (à partir de 34°C) appliquées pendant une période critique favorisent chez les jeunes alevins, l'apparition de forts pourcentages de mâles et parfois même, des populations entièrement mâles (Baroiller *et al.*, 1995a et b; Baroiller *et al.*, 1996; Desprez, 1997).

Cette technique qui utilise la température, pourrait remplacer les méthodes classiques de sexage manuel ou éventuellement celle d'inversion hormonale du sexe pour produire des populations mâles dont la filière a besoin. Au Niger, la saison chaude coïncide avec la période de reproduction de l'espèce et à ce moment, les températures de l'eau atteignent régulièrement 34°C et souvent même au-delà.

L'objectif de ce travail est de déterminer la thermosensibilité d'*Oreochromis niloticus*, souche Niger au traitement d'inversion du sexe en exposant des alevins sexuellement indifférenciés aux températures élevées (36°C) en aquariums pendant 28 jours.

4.2.2.2- Protocole expérimental

- Production d'alevins

Un couple de géniteurs naturels (XX/XY) a permis d'obtenir 440 alevins par la technique de production d'alevins d'âge connu décrite au chapitre 3. Dans ce lot, 400 alevins sont retenus et répartis dans 4 aquariums en raison de 100 individus par aquarium. Deux aquariums sont utilisés pour le traitement dans lesquels les poissons sont soumis à une température d'élevage de 36°C et deux aquariums servent de témoins dans lesquels, la température de l'eau d'élevage est restée au niveau ambiant (26-27°C). Deux aquariums supplémentaires, chargés en permanence d'eau maintenue à 36°C, permettent d'assurer le renouvellement et/ou la remise à niveau après nettoyage, des aquariums expérimentaux.

- Traitement

Les alevins destinés à l'exposition aux fortes températures sont introduits en aquariums dans lesquels, la température ambiante de l'eau d'élevage (27°C) est progressivement remontée de 2°C toutes les 15-20 mn grâce à des résistances chauffantes et des régulateurs spéciaux de température (Biotherm). Cette évolution de température est contrôlée en parallèle avec un thermomètre classique à mercure.

La circulation d'eau (système air lift) dans les aquariums permet l'homogénéisation rapide de la température dans le milieu d'élevage. Le niveau de 36°C requis est atteint au bout de 2 à 4 heures qui suivent l'introduction d'alevins. Il est maintenu à ce niveau pendant 28 jours, période couvrant les processus histologiques de la différenciation sexuelle chez cette espèce (Baroiller, 1988). Les témoins sont élevés à la température ambiante restée constante à 26-27°C. Les animaux sont nourris au Biomar starter à 25% de leur biomasse 6 fois par jour et 7 jours sur 7 grâce aux distributeurs automatiques programmables de type Rena DL 50.

A la fin de l'expérience soit 28 jours d'exposition à 36°C, la température de l'eau d'élevage est abaissée graduellement jusqu'au niveau ambiant (27°C). Les animaux sont ensuite élevés dans les conditions normales de température et nourris au Biomar deuxième âge à 10% de leur biomasse jusqu'à 5 g, stade à partir duquel intervient le sexage manuel. La comparaison des sex ratios des lots traités et des témoins est réalisée au test de Khi-deux ($\alpha = 0,05$).

4.2.2.3- Résultats

La survie des lots traités est comparable ($p < 0,05$) à celle des témoins après le traitement et au moment du sexage précoce (Tableau 15), stade à partir duquel le poids corporel des animaux atteignent 5 g. Les animaux exposés à 36°C comportent des proportions des mâles significativement plus élevées ($p > 0,05$) que les témoins (Tableau 16).

4.2.2.4- Discussion

La survie des lots traités n'est pas différente de celle des témoins à la fin du traitement et au moment du sexage. Ainsi, les températures élevées n'affectent pas la survie larvaire en revanche, elles favorisent l'orientation du sexe des jeunes alevins vers le sens mâle. Le mode d'action des températures élevées sur la déviation du sexe n'a pas fait l'objet de beaucoup de travaux, en particulier chez les tilapias. Il est à présent au stade des hypothèses dont les plus vraisemblables s'appuient sur les connaissances acquises chez d'autres espèces thermosensibles comme, les reptiles et les tortues où le mécanisme a été bien élucidé. L'expression phénotypique du sexe des espèces thermosensibles résulte des actions combinées des aspects génétiques et des aspects environnementaux avec une prédominance de ces derniers en particulier, la température. Ainsi, malgré les directives génétiques, chez certains amphibiens (*Pleurodeles poireti* et *Pleurodeles waltl*), les basses températures produisent des femelles et les hautes températures des mâles alors que, c'est le contraire qui est remarqué chez les reptiles (*Emys orbicularis* et *Agama agama*). Chez les serpents, les températures extrêmes produisent des femelles et les températures intermédiaires des mâles (Dournon *et al.*, 1990)

Chez *Emys orbicularis*, Desvages et Pieau, (1992) constatent une augmentation de l'activité enzymatique (aromatase) au cours de la différenciation ovarienne qui se produit en hautes températures et le contraire lors de la différenciation testiculaire qui a lieu en basses températures.

La réduction de cette activité a également été observée chez *Pleurodeles Waltl* mais cette fois en hautes températures période de différenciation testiculaire (Chardard *et al.*, 1995). Or, l'activité aromatique de cette enzyme provoque la conversion des androgènes en œstrogènes. Chez les poissons thermosensibles comme *Oreochromis niloticus*, les températures élevées entraîneraient la réduction de ces activités enzymatiques limitant ainsi la conversion de testostérone en œstrogène. Comme les fortes températures sont appliquées avant le début des processus histologiques de différenciation des gonades, l'abondance de testostérone influence l'orientation du sexe vers le sens mâle.

L'application des fortes températures entraîne des déviations significatives de sexes des animaux traités vers le sens mâle mais les taux de masculinisation induits sont moins élevés que ceux engendrés par les hormones en particulier, la 17 α -MT même à 20 $\mu\text{g/g}$ (Tableaux 14 et 16). En revanche, chez *Oreochromis niloticus* souche Bouaké, de 98 à 100% de mâles peuvent être obtenus après des traitements à 34°C (Baroiller *et al.*, 1996).

Les résultats obtenus dans le cadre de cette expérimentation doivent cependant être nuancés car certains couples parentaux donnent des descendance plus thermosensibles que d'autres. Le cas d'un couple unique utilisé ici ne saurait être généralisé à toute la souche *Oreochromis niloticus* Niger.

Ainsi, des résultats ont montré des variations importantes en réponses à un même traitement. Ces variations sont liées à l'existence des effets parentaux en particulier, la prédominance des facteurs génétiques sur les facteurs environnementaux (température) dans l'expression phénotypique du sexe.

4.2.2.5- Conclusion

L'exposition des alevins sexuellement indifférenciés d'Oreochromis niloticus souche Niger aux températures élevées entraîne la déviation de leur sexe vers le sens mâle.

4.3- CONCLUSION PARTIELLE SUR L'OPTIMISATION DE LA CROISSANCE

En cages flottantes, la croissance des mâles est significativement plus élevée que celle des femelles à partir de 70 g. Cette différence de croissance apparaît au moment où la différence de consommation et de conversion de l'aliment devient significative. Ainsi, la croissance des femelles est inférieure à celle des mâles: elles consomment moins d'aliment et elles ont un indice de conversion apparent de l'aliment plus élevé.

En élevage monosex, les femelles ont une croissance supérieure dans la zone de courant. Les conditions d'élevage en cages flottantes (vitesse du courant, mailles des cages) défavorables à la reproduction et à l'établissement d'une hiérarchie sociale consolidée chez les femelles de cette espèce, améliorent leur croissance générale.

Enfin, *Oreochromis niloticus* souche Niger réagit de la manière comparable aux traitements d'inversion du sexe que les autres souches déjà testées. Toutefois, on observe des taux de mortalités relativement élevés chez les animaux traités à l'hormone naturelle (11 β -OHA4) à l'image des résultats rapportés par Guerrero, (1997).

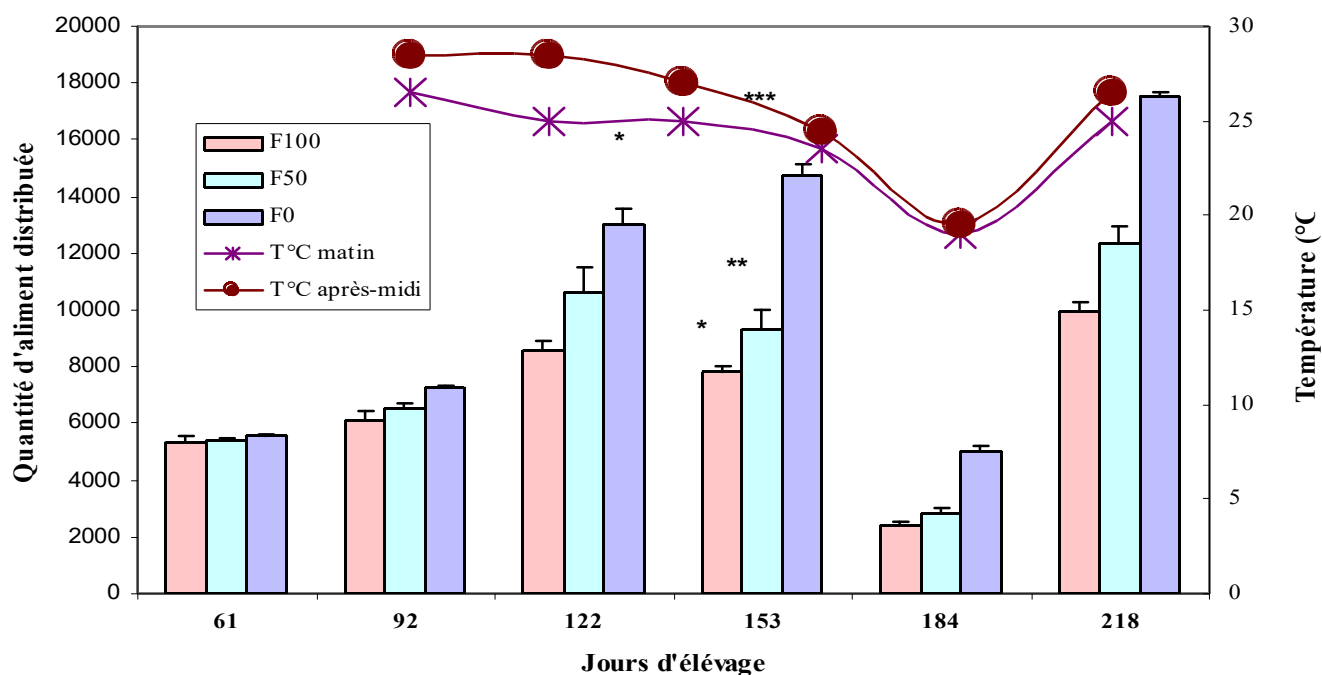


Figure 22: Evolution dans le temps des quantités d'aliment distribuées et des températures minimales et maximales

NB: *: degré de différence au test de Duncan pour les quantités d'aliment distribuées

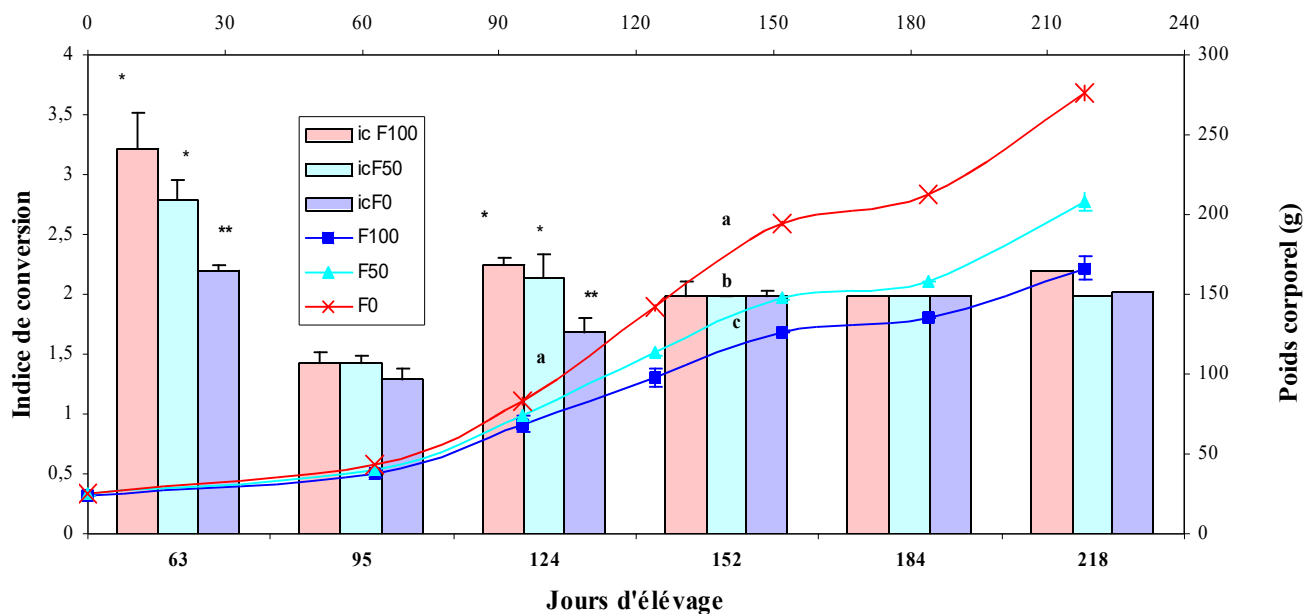
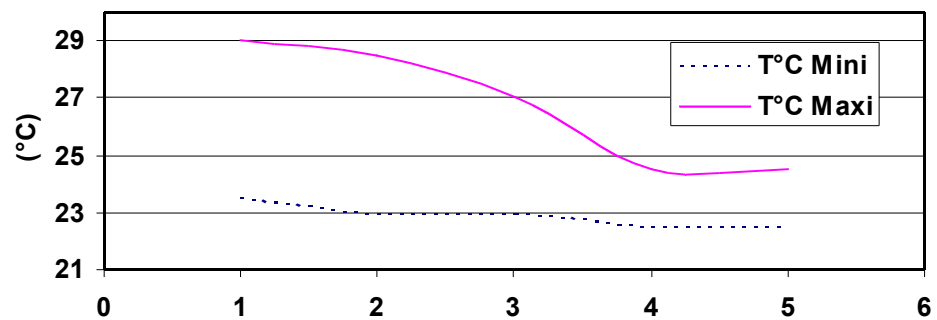


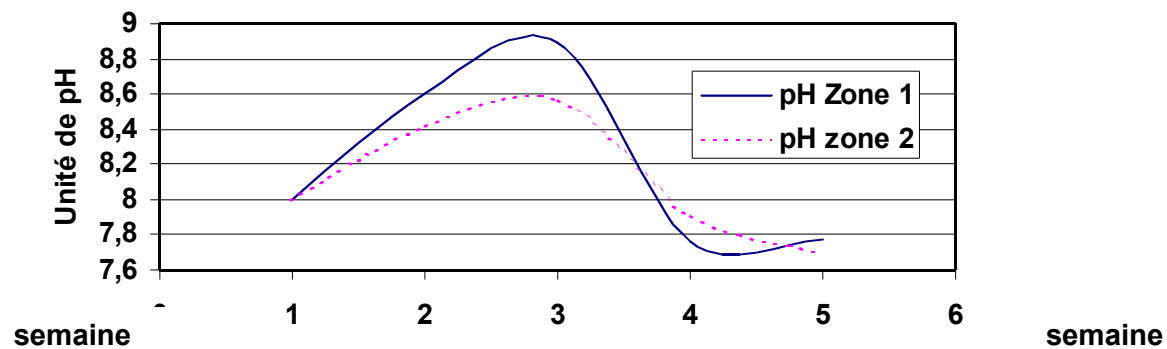
Figure 23: Evolution dans le temps des poids corporels et des indices de conversion alimentaire des lots monosexes mâles, femelles et mixtes chez *Oreochromis niloticus* élevés en cages flottantes dans le fleuve Niger.

NB: *: degré de différence au test de Duncan pour les indices de conversion; a, b, c degré de différence au test de Duncan pour les poids corporels.

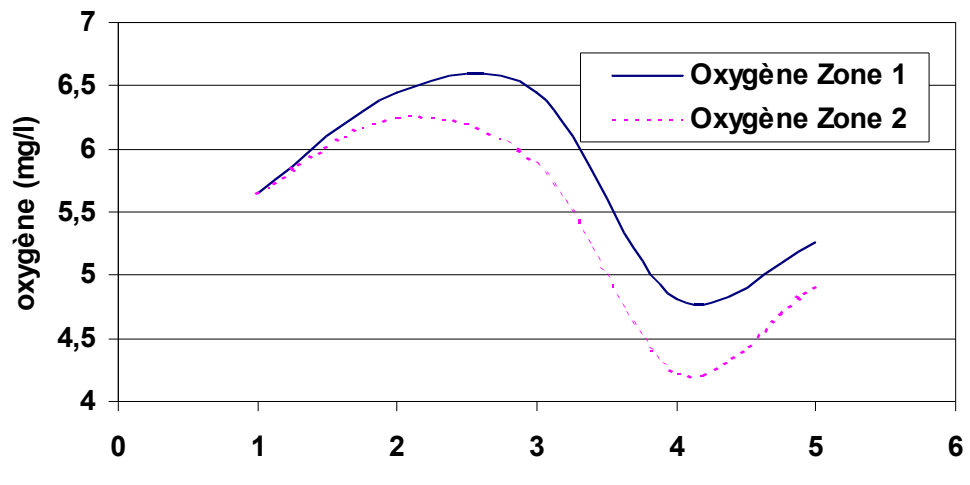
T°C



pH



Oxygène



Vitesse du courant

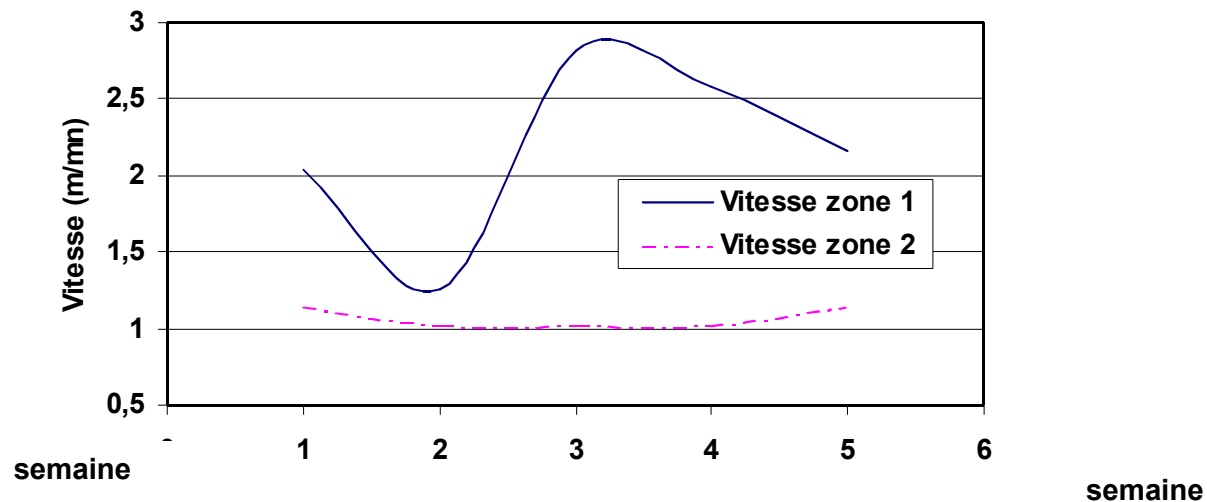


Figure 25 : Evolution hebdomadaire des paramètres physico-chimiques mesurés dans la zone de fort courant (1) et dans la zone morte (2)

Tableau 10: Taux de survie et efficacité de l'aliment utilisé

Zone	Bloc « Zone Morte »			Bloc « Zone Exposée »		
Groupe	S (%)	QAD (g)	IC	S (%)	QAD (g)	IC
F0c	96*	5.457,87	1,15	99	10.851,97	1,30
F50c	95*	10.523,38	1,37	95*	10.008,37	1,35
F100c	88***	10.215,30	2,01*	99	10.535,10	1,91*
FF50c	93**	-	-	98	-	-
MF50c	99	-	-	92**	-	-

S: Survie; QAD: Quantité d'Aliment Distribuée; TC: Taux de Consommation; IC: Indice de Conversion; *: degré de différence au test de Duncan. F100c: 100% femelles; F50c: 50% mâles et 50% femelles; F0c: 0% femelle; FF50c: femelles du groupe F50c; MF50c: Mâles du groupe F50c;

Tableau 11: Performances de croissance des poissons élevés en zone morte et en zone de fort courant

Groupe	PI (g)	PF (g)	CJI (g/j)	KI (%)	KF (%)	DK (%)	
F0c	22,40±3,02	56,65±10,96	1,14	1,68±0,18	2,00±0,50	0,32	Zone morte
F50c	21,70±2,35	48,65±10,07	0,89**	1,66±0,17	1,89±0,22	0,23*	
F100c	21,33±2,16	45,27± 6,87	0,79***	1,74±0,14	1,91±0,22	0,17***	
FF50c	20,97±2,14	44,72±8,21	0,74***	1,70±0,16	1,89±0,21	0,19**	
MF50c	22,41±2,23	52,29±10,29	1,01*	1,65±0,17	1,82±0,23	0,17***	
F0c	22,14±2,66	57,76±10,26	1,18	1,72±0,16	2,00±0,15	0,28*	Zone courant
F50c	20,20±2,12	46,86±9,30	0,88**	1,69±0,17	1,89±0,20	0,20***	
F100c	21,60±2,48	47,93±9,13	0,87**	1,72±0,16	2,05±0,17	0,33	
FF50c	20,55±2,23	42,07±7,39	0,70***	1,67±0,17	1,91±0,13	0,24**	
MF50c	20,05±1,97	51,84±8,45	1,01*	1,67±0,17	1,88±0,37	0,21***	

F100c: 100% femelles; F50c: 50% mâles et 50% femelles; F0c: 0% femelle; FF50c: femelles du groupe F50c; MF50c: Mâles du groupe F50c; PI: Poids Initial; PF: Poids Final; CJI: Croissance Journalière Individuelle; KI: Coefficient de condition Initial; KF: Coefficient de Condition Final; DK: Différence de Coefficients de Conditions entre le début et la fin de l'expérience; *: degré de différence au test de Duncan ($\alpha = 0,05$).

Tableau 12: Performances zootechniques des lots mâles, femelles et mixtes élevés en aquariums

Groupe	S (%)	QAD (g)	TC (%)	IC	CJI (g/j)	DK(%)
F0a	97*	724,98	83,96	1,31	0,59	0,18±0,19
F50a	94*	722,58	80,16	1,30	0,59	0,23±0,12
F100a	100	828,95	91,30*	1,47*	0,60	0,22±0,11
FF50a	100	-	-	-	0,56	0,25±0,15
MF50a	88**	-	-	-	0,66	0,22±0,08

F100a: 100% femelles; F50a: 50% mâles et 50% femelles; F0a: 0% femelle; FF50a: femelles du groupe F50a; MF50a: Mâles du groupe F50a; S: Survie; IC: Indice de Conversion; TC: Taux de consommation; DK: Différence de coefficient de condition; * degré de différence au test de Duncan au seuil de 5%.

Tableau 13: Taux de survie des alevins selon la dose et le type d'hormone utilisé

Traitements	Nombre d'animaux traités	Survie après traitement (%)	Nombre d'animaux sexés	Survie au sexage (%)
17 α -MT 30 μ g/g	200	100	194	97***
17 α -MT 20 μ g/g	200	100	184	92**
Témoins 17 α -MT	200	100	190	95***
11 β -OHA4 30 μ g/g	200	100	157	78*
11 β -OHA4 20 μ g/g	200	100	143	71
Témoins 11 β -OH	200	100	166	83*

*: degré de différence au test de Duncan

Tableau 14: Efficacité des traitements hormonaux d'inversion du sexe

Hormones	Caractéristiques du traitement				Caractéristiques du sexage		
	Doses (μ g/g)	Ages début traitement (jpf)	Ages fin traitement (jpf)	Durée (jours)	Nombre de mâles Trt1	Nombre de mâles Trt 2	Mâles (%)
17 α -MT	30	11	39	28	96	94	98**
17 α -MT	20	11	39	28	85	90	95*
Témoins	0	11	39	28	66	65	69
11 β -OHA4	30	13	41	28	60	72	84**
11 β -OHA4	20	13	41	28	52	65	81*
Témoins	0	13	41	28	65	67	79

*: degré de différence au test de Duncan; jpf: jours post fécondation; trt: traitement

Tableau 15: Taux de survie d'alevins après traitement thermique et au moment de sexage

Traitements	Nombre d'animaux traités	Survie après traitement (%)	Nombre d'animaux sexés	Survie au sexage (%)
36°C	200	93,5	187	93,5
27°C	200	93	186	93

Tableau 16: Efficacité du traitement thermique d'inversion du sexe

Traitements	Caractéristiques du traitement			Caractéristiques du sexage		
	Ages début traitement (jpf)	Ages fin traitement (jpf)	Durée de traitement (jours)	Nombre de mâles	Nombre de femelles	Mâles (%)
36°C	10	38	28	158	28	84,4*
27°C	10	38	28	116	70	62

*différence significative au test de khi-deux (0,05) ; jpf : jour post fécondation

V- TESTS EN VRAIE GRANDEUR DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

5.1- INTRODUCTION

Les résultats obtenus au cours des expériences décrites dans les chapitres 4 et 5 ont montré que les coûts de production des poissons marchands de la filière aquacole nigérienne pourraient être réduits grâce aux améliorations suivantes:

- production d’alevins accrue grâce à la technique de récolte continue;
- production massive de populations monosexes mâles par inversion hormonale;
- conservation et élevage des femelles.

Chacune de ces améliorations techniques a été validée par des tests complémentaires pour permettre leurs transferts et leurs adoptions par la filière aquacole.

L’ensemble des résultats de ces tests est repris pour effectuer une simulation économique globale sur la base de deux itinéraires techniques alternatifs à l’itinéraire mis en oeuvre par la filière aquacole qui repose sur l’élimination des femelles à 25 g après le sexage manuel et la production de populations monosexes mâles: le premier itinéraire alternatif correspond à la production de populations monosexes mâles inversés et le second à la valorisation des femelles jusqu’à 140 g.

Les objectifs du travail regroupé dans le présent chapitre sont : 1) l’analyse comparée du coût de production des alevins de 0,5-1g issus des deux techniques de récolte; 2) l’analyse du coût de production des alevins monosexes mâles par inversion hormonale du sexe ; 3) l’analyse du coût de production des femelles d’un poids de l’ordre de 140 g; 4) et enfin la simulation économique de deux itinéraires techniques de production de poissons marchands.

5.2- ANALYSE COMPARÉE DU COÛT DE LA PRODUCTION D’ALEVINS DE 0,5-1G ISSUS DES DEUX TECHNIQUES DE RÉCOLTE

5.2.1-Introduction

Les alevins issus de la récolte continue sont pêchés à une taille moyenne d’environ 10 mg. Une phase de pré-grossissement complémentaire jusqu’à 0,5-1g est donc nécessaire à ce niveau, pour produire des animaux de tailles comparables à ceux issus directement de la récolte périodique.

Dans le cas où à ce stade de croissance, les alevins issus de la récolte continue sont toujours plus nombreux et moins chers, la technique peut être considérée comme la plus efficace.

5.2.2- Phase de pré-grossissement complémentaire de 10 mg à 0,5-1g

5.2.2.1- Protocole expérimental

Des alevins provenant de la récolte continue sont systématiquement comptés avant d'être introduits dans 4 étangs de 200 m² à 100 individus/m². La mise en charge complète de chaque étang s'est faite dans un intervalle de temps de 3 jours pour éviter une trop grande dispersion des tailles dans les lots. Ces animaux de 10 mg sont nourris manuellement à la farine de poissons 2 fois par jour (9 et 16 heures). La ration est calculée à 25% de la biomasse la première semaine, 20% la deuxième, 15% la troisième et 10% la quatrième. Elle est corrigée en² début de chaque semaine sur la base des résultats des pêches de contrôle effectuées sur des échantillons (10% de l'effectif total) prélevés au hasard dans les différents étangs. L'expérience est arrêtée lorsque les poissons atteignent un poids corporel d'au moins 0,5 g. A ce stade, des échantillons sont prélevés et individuellement mesurés, pesés et comptés afin de déterminer leurs performances zootechniques (indice de conversion et croissance journalière individuelle). Les températures minimales/maximales et les taux d'oxygène dissous sont régulièrement suivis.

5.2.2.2- Résultats obtenus

Les animaux sont élevés dans des conditions de températures minimale et maximale respectives de 24 à 27,5°C, d'oxygène dissous de 2,5 à 5 mg/l. Leur survie varie de 78,5 à 81,54% avec une moyenne de 80%, elle est indépendante de l'étang utilisé. Ils atteignent au moins 0,5 g dès la fin de la troisième semaine d'élevage (Tableau 17).

5.2.3- Prix de revient de l'alevin «des deux sexes» de 0,5-1 g

5.2.3.1- Caractéristiques techniques

Pour réaliser l'évaluation économique, les données de production d'alevins proviennent des expérimentations réalisées au chapitre 4 (Tableau 4) qui compare la technique de récolte à celle de la récolte périodique.

Avec les deux techniques, les étangs sont amendés à la chaux et fertilisés à la fumure organique. Les géniteurs sont nourris à l'aliment G1 à 1,5% de leur biomasse.

La technique de récolte continue nécessite des infrastructures d'élevage supplémentaires (1 étang de 100 m² pour la reproduction et 2 étangs de 200 m² pour la phase de pré-grossissement complémentaire), de l'aliment larvaire (67 kg de farine de poissons x 300 FCFA), des fertilisants (2400 FCFA de chaux+180 FCFA de fumure organique par étang) et une main d'œuvre permanente (4 heures/personne/jour) au cours des phases de récoltes et d'élevage.

Les résultats de pré-grossissement obtenus montrent que la survie d'alevins est en

moyenne de 80% ce qui permet de récolter en fin de cycle $(132\,677 \times 0,80) = 106\,142$ alevins de 0,5-1g à partir de la production initiale issue de l'étang de 100 m².

En revanche, la technique de récolte périodique nécessite une main d'œuvre relativement légère et temporaire car, la première pêche suivie de la vidange des étangs intervient seulement 45 jours après l'introduction des géniteurs. Dans ce cas, les alevins sont directement produits à 0,5-1 g, ils ne sont pas nourris de manière spécifique mais consomment les phytoplanctons et zooplanctons résultants de la fertilisation des étangs, de la minéralisation de l'aliment géniteurs et autres produits du métabolisme.

5.2.3.2- Calcul du prix de revient

(Les différentes charges sont calculées sur la base des données présentées en annexe 7)

Charges (en FCFA)	Récolte continue	Récolte périodique
- Charges fixes		
Amortissement étangs (20 ans)	125 000	25 000
Amortissement épuisettes et senne (3 ans)	2 000	50 000
Entretiens étangs	4 286	858
Sous-total	131 186	75 858
- Charges variables		
Aliments (géniteurs et alevins)	24 335	4 235
Eau (électricité pour pompage)	3 375	1 125
Fumure (organique et chaux)	7 740	2 580
Main d'œuvre	49 500	3 000
Sous-total	84 950	15 140
Total charges	216 136	90 998
Nombre d'alevins prégrossis (0,5-1g)	106 142	18 697
Prix de revient unitaire de l'alevin (FCFA)	2, 03	4, 86

(Les montants sont exprimés en FCFA, 1 Euro = 650,957 FCFA)

Les charges (fixes et variables) sont plus élevées dans le cas de la récolte continue. Malgré ces écarts de charges, l'alevin de 0,5-1g issu de la récolte continue coûte 2,4 fois moins cher que celui de la récolte périodique.

La technique de récolte continue est non seulement plus efficace mais aussi plus rentable que celle de récolte périodique en outre, ses caractéristiques permettent de l'adapter facilement aux infrastructures d'élevage existantes sur la filière.

5.3- ANALYSE DU COÛT DE PRODUCTION DES ALEVINS MONOSEXES MÂLES

5.3.1-Introduction

Les résultats du test d'inversion du sexe réalisé en aquariums ont montré que, *Oreochromis niloticus* souche Niger est sensible aux traitements à la 17 α -méthyltestosterone et à la 11 β -hydroxyandrostenedione. A dose égale, l'hormone de

synthèse s'est révélée plus efficace que l'hormone naturelle. En plus, cette dernière coûte plus cher (105.000 FCFA/g) que l'hormone de synthèse (5.000 FCFA/g).

La technique de récolte continue produit des alevins de tailles homogènes et petites car ils sont pêchés précocement avant le sevrage total. A ce stade, les processus histologiques de différenciation du sexe ne seraient pas complètement engagés ce qui permet d'envisager la possibilité d'influencer l'expression phénotypique de leur sexe au moyen des stéroïdes externes et obtenir ainsi des populations mâles.

Ce travail a pour objectif de tester l'efficacité de la technique d'inversion du sexe utilisant la 17 α -méthyltestostérone à grande échelle, sur des alevins provenant directement de la récolte continue. Il s'agit de vérifier si, à ce stade ces alevins offrent les possibilités de produire massivement des populations mâles et déterminer ainsi le coût de production de l'alevin inversé.

5.3.2- Efficacité en vraie grandeur de la technique d'inversion hormonale du sexe

5.3.2.1- Protocole expérimental

Des alevins issus de la technique de récolte continue sont introduits, au fur et à mesure de leurs prélèvements, dans 12 hapas pour être soumis au traitement utilisant la 17 α -méthyltestostérone. Ils sont chargés chacun de 4600 alevins introduits dans un délai maximum de 3 jours afin de prévenir les risques d'une très grande hétérogénéité de tailles dans les lots. A la mise en charge, les alevins sont systématiquement comptés et des échantillons prélevés au hasard pour vérifier l'homogénéité et les valeurs de tailles individuelles des lots, garants du succès de la technique. Deux doses, (30 μ g/g et 40 μ g/g d'aliment), sont appliquées chacune dans 4 hapas soit 8 hapas de traitements et 4 autres hapas servent de témoins. Ces trois groupes d'hapas sont placés chacun dans un même étang de 200 m² et fixés à 20 cm du fonds. L'hormone est administrée via l'aliment Biomar selon la technique d'incorporation décrite au chapitre 3. La ration alimentaire est «calée» à 25% de la biomasse la première semaine, 20% la deuxième, 15% la troisième et 10% jusqu'à la fin du traitement.

La ration alimentaire est divisée en 4 repas quotidiens distribués manuellement à 8 heures, 12 heures, 16 heures et 18 heures pendant toute la durée du traitement (30 jours). Les quantités d'aliments distribuées sont ajustées sur la base des résultats de pêches réalisées sur des échantillons tous les 7 jours. Dans le cas présent, les pêches de contrôle ont été évitées en raison notamment des perturbations qu'elles pourraient provoquer. Les températures minimales/maximales et les taux d'oxygène dissous ont été régulièrement suivis.

A la fin de l'expérience, les alevins issus des différents hapas sont individuellement mesurés et comptés. Ceux soumis à la même dose d'hormone sont transférés dans les mêmes groupes d'étangs à 100 individus par m² et nourris au Biomar 2^{ème} âge à 10% de la biomasse jusqu'à 5 g. A ce stade, la technique de sexage précoce est appliquée sur

des échantillons pour déterminer rapidement les proportions des mâles contenus dans les différents lots. Ces échantillons sont composés de 100 individus prélevés au hasard dans les lots traités et les lots témoins, tous les 15 jours jusqu'au 45^e jour.

5.3.2.2- Résultats

Les animaux sont élevés dans des conditions de température minimale de 23°C et de température maximale de 27°C, avec des taux d'oxygène dissous qui varient de 3 à 5 mg/l. Les survies des lots traités sont comparables entre elles et à celles des témoins.

En revanche, l'indice de conversion alimentaire des lots traités à 40µg/g est légèrement supérieur à celui des lots traités à 30µg/g lui-même significativement meilleur ($p>0,05$) que celui des témoins.

La croissance journalière individuelle est plus élevée, de manière significative ($p>0,05$), chez les animaux traités à 40 µg/g que chez ceux traités à 30µg/g. Celle des témoins est significativement plus faible ($p>0,05$) que celle des lots traités (Tableau 18).

La proportion des mâles des échantillons issus des animaux traités à 40µg/g sont significativement plus élevés ($p>0,05$) que ceux des échantillons provenant des animaux traités à 30 µg/g. Les témoins sont caractérisés par les plus faibles proportions de mâles (Tableau 19).

5.3.2.3- Discussion et conclusion

La survie des lots traités est comparable à celle des témoins. Le traitement d'inversion du sexe à la 17 α -MT n'affecte pas la survie larvaire même lorsqu'il est appliqué à grande échelle. Ces résultats confirment ceux obtenus en aquariums et en bassins chez cette espèce (Baroiller et Toguyeni, 1996; Mélard *et al.*, 1994; Guerrero et Guerrero, 1997). En revanche, les doses appliquées dans notre cas sont inférieures à celles utilisées sur d'autres souches à l'échelle de production pour obtenir des résultats comparables (Tableau 20). Cette efficacité relative est liée à l'utilisation des hapas. Le hapas est une structure d'élevage qui permet de rassembler les alevins sur une petite superficie et de leur assurer une plus grande chance d'accéder à l'aliment «hormoné» distribué.

Par transfert direct en étangs, les poissons ont la possibilité de consommer à la fois l'aliment naturel résultant de la minéralisation de la matière organique souvent plus disponible et l'aliment «hormoné» distribué. Dans ce cas, l'efficacité du traitement serait affectée car, les poissons consommeront des quantités d'hormone insuffisantes pour entraîner la déviation effective de leur sexe vers le sens mâle. Dans de telles conditions Mélard *et al.*, (1994) ont fait cas de la présence d'animaux inter-sexués. Pour pallier le déficit d'ingestion hormonale, ces auteurs préconisent des doses fortes de 60, 100 et même 150 µg/g d'aliment en transfert direct dans les étangs. A ces doses, les taux de masculinisation obtenus sur les alevins d'*Oreochromis aureus* sont respectivement de 97, 93 et 83% avec 0 à 6% d'individus inter-sexués entre les doses de 150 et celles de 60 µg/g d'aliment (Mélard *et al.*, 1994).

L'indice de conversion est meilleur lorsque la dose hormonale utilisée est élevée, tout se passe comme si les poissons traités transformaient bien l'aliment. Ces mêmes résultats sont observés en aquariums (notre étude) et dans de nombreux travaux (Baroiller et Toguyeni, 1996; Guerrero et Guerrero, 1997; Desprez, 1997). L'administration de la méthyltestostérone comme celle des autres androgènes améliore le taux de consommation et de transformation alimentaire chez les poissons ce qui se traduit par une augmentation de la croissance. En effet, les animaux traités ont des poids moyens de 23 à 55,3% supérieurs aux témoins (Mélard *et al.*, 1994; Meyer et Smitherman, 1996; Baroiller et Toguyeni, 1996; Guerrero et Guerrero, 1985).

5.3.3- Prix de revient de l'alevin inversé de 0,5-1g

5.3.3.1- Caractéristiques techniques

Le coût de production d'alevins inversés en mâles est calculé sur la base de la dose hormonale la plus élevée (40µg/g d'aliment de 17 α-MT) qui a permis d'obtenir les meilleurs taux de masculinisation.

Les 4 hapas chargés de 18.400 (4600 x 4) alevins traités à 40µg/g d'aliment en 30 jours, permettent d'obtenir 12.398 poissons de 0,5-1 g inversés. Au cours de cette phase, les animaux ont reçu 22,68 ((12.398 x 0,75) x 2,4) kg d'aliment enrichi avec 0,9 g de 17 α-MT.

5.3.3.2- Calcul du prix de revient

Charges	FCFA		
- Charges fixes			
Amortissements étangs	4 164	Nombre d'alevins de 0,5-1g	12 398
Amortissements hapas	16 000		
Amortissements petits matériels	6 000		
Entretiens étangs	2 000		
Sous-total	28 164		
- Charges variables			
Alevins de 10 mg	17 664		
Aliments	22 680		
Hormone (5000F/g)	5 000		
Main d'œuvre	8 250		
Sous-total	53 594		
Total charges	81 758	Prix de revient unitaire	659 FCFA

Les calculs des différentes charges ont été réalisés sur la base des données présentées en annexe 7

L'alevin de 0,5-1 g inversé revient à 6,59 FCFA. Ce coût de production est lié en partie, à l'utilisation d'aliment importé (Biomar) et rendu sur place à environ 1000 FCFA/kg. Des expériences préliminaires réalisées en aquariums ont montré que la farine de poissons broyée et tamisée présente la même efficacité que l'aliment importé. Or, la farine de

poisson coûte 300 FCFA le kg, son utilisation ramènera le coût de production unitaire de l'alevin inversé en mâle de 0,5-1 g à **5,31 FCFA**.

La technique d'inversion hormonale du sexe réalisée en hapas s'applique parfaitement aux alevins issus directement de la récolte continue avec une efficacité plus élevée à 40µg/g d'aliment. Ces deux techniques peuvent remplacer de façon rentable, la méthode classique de production d'alevins et celle de sexage manuel dans la production des populations mâles.

5.4- ANALYSE DU COÛT DE PRODUCTION DES FEMELLES D'UN POIDS DE L'ORDRE DE 140 G

5.4.1- Introduction

Les conditions d'élevage en cages flottantes dans le fleuve Niger notamment la vitesse du courant favorisent la croissance des femelles car celle-ci ne se décroche de celle des mâles qu'à partir de 70 g (notre étude). L'objectif de ce travail est de vérifier si cet avantage relatif de croissance est suffisant pour permettre de rentabiliser leur production lorsque celles-ci atteignent 140 g stade à partir duquel il existe un marché.

5.4.2- Performances zootechniques de l'élevage des femelles

5.4.2.1- Protocole expérimental

Des fingerlings femelles issues de la technique décrite au chapitre 3 sont introduites dans 4 cages de 5 m³ à 300 individus/cage et nourries à l'aliment F2* (Tableau 1) à hauteur de 5% de la biomasse. Cette ration est divisée en deux repas distribués à 9 heures et à 16 heures totalement ou partiellement selon l'appétit des poissons. La ration est ajustée tous les 30 jours sur la base des résultats des pêches de contrôles.

L'expérience est arrêtée lorsque les animaux atteignent 140 g poids. A ce stade, elles sont pêchées puis systématiquement sexées, pesées, mesurées et comptées, afin de déterminer leurs performances zootechniques (survie, croissance journalière individuelle, indice de conversion et taux de consommation alimentaire).

5.4.2.2- Résultats

La survie, la croissance journalière individuelle et l'indice de conversion varient respectivement de 88 à 93%, de 0,73 à 0,82 g/j et de 1,82 à 1,95 (Tableau 21).

5.4.3- Aspects économiques de la production des femelles

5.4.3.1- Caractéristiques de la technique

Au cours du cycle d'élevage, les femelles sont nourries à l'aliment F2* (Tableau 1). Cet

aliment, utilisé en raison de sa teneur élevée en farine de poissons (40%) permet un apport en protéines brutes de l'ordre de 38 à 40% afin de garantir de meilleures performances de croissance aux femelles.

Dans les conditions d'élevage de la filière, les femelles issues du sexage manuel sont éliminées du cycle de production de poissons marchands. Elles sont auto-consommées ou «bradées» sur place, loin des centres de commercialisation. La vente se fait par tas de 5 à 10 kg au prix d'environ 2000 à 4000 FCFA soit 400 FCFA/kg. Le prix de vente d'une femelle de 25 g se situe alors aux alentours de 10 FCFA. En fait, il est réalisé par les femmes des pisciculteurs et n'est pas pris en compte dans le compte d'exploitation.

5.4.3.2- Compte d'exploitation d'un cycle de production des femelles

Charges	FCFA	Produits	Kg
- Charges fixes			
Amortissement cages	18 580	Biomasse finale	160
Amortissement petits matériels	4 000		
Sous-total	22 580		
- Charges variables			
Alevins (10 FCFA/individu)	12 000		
Aliments (225F/kg)	55 125		
Main d'œuvre	12 000		
Sous-total	79 125		
Total charges	101 705	Prix de revient /kg	635,65

Elevées dans leurs propres structures et dans l'hypothèse d'un prix d'alevins de 10 FCFA, les femelles reviennent à 635,65 (101.705/160) FCFA le kilogramme. Si les femelles sont élevées dans les mêmes structures d'élevage que les poissons marchands mâles, on pourrait ne leur imputer que les coûts de l'aliment de grossissement (25 à 140g). Le coût de revient d'un kilogramme de femelle serait alors seulement de 344,53 FCFA.

5.4.4- Discussion et conclusion

Actuellement vendue par certains aquaculteurs sur le marché à 600 FCFA le kilogramme, la production des femelles se ferait à perte dans le cas où elle serait produite dans leurs propres structures d'élevage. Toutefois, un travail de «marketing» basé sur les qualités de ce produit associé à une production soutenue pourrait améliorer ce prix de vente qui peut passer de 600 à 700 FCFA le kilogramme et même au-delà. En effet, les femmes «Yao», vendeuses ambulantes, principales clientes de poissons de cette taille, peuvent très bien l'acheter à 700 FCFA/kg dès lors qu'elles le revendent sous forme de plats cuisinés en lui ajoutant de la valeur. Aussi, en période de rareté, les tas de poissons frais, de même taille, vendus sur le marché peuvent atteindre 750 à 800 FCFA s'ils sont ramenés au kilogramme.

Aussi en période de pénurie (hautes eaux), les producteurs peuvent également jouer sur la taille de commercialisation en proposant des animaux de 100 à 120 g au lieu de

140g. Cette stratégie permettra de réduire la durée du cycle, les charges liées au poste aliment et d'améliorer le taux de survie ce qui se traduirait par une baisse du coût de production.

Elevés dans les mêmes structures, la production des femelles, par la position de leur cycle (5 à 6 mois) à mi-temps sur celui des mâles (12 à 14 mois), pourrait assurer une entrée d'argent intermédiaire qui permettra aux producteurs de faire face aux besoins de trésorerie du moment. En plus, le démarrage du cycle d'élevage des femelles au même moment que celui des mâles permettrait de réaliser des économies d'échelle en terme de main d'œuvre et de petits matériels.

Par ailleurs, la valorisation des femelles par la production de poissons marchands de 140 g permettrait d'améliorer la qualité du sexage et donc de ramener le seuil d'erreurs de diagnostic au niveau connu de 5 à 10% et même moins, s'il est pratiqué plus tard sur des animaux de 70 g. En effet, dans nos élevages, les pisciculteurs ont tendance à négliger cette étape car 30% de femelles et souvent plus sont régulièrement détectées dans les cages mâles en fin de cycle. Certains déterminent le sexe des poissons à partir des caractères mâles. Ils rassemblent dans les lots femelles tous les poissons dont le diagnostic n'est pas net (Mikolasek *et al.*, 1997a). D'autres par contre, ont l'impression que la croissance des femelles est équivalente à celle des mâles. Ils évitent l'utilisation d'une main d'œuvre salariale et l'élimination d'une partie de leur production (52% de femelles). Or, une grande présence des femelles dans les cages mâles se traduit par la baisse de la croissance des mâles (Mélard, 1986).

5.5- EVALUATION ÉCONOMIQUE D'UN ITINÉRAIRE TECHNIQUE DE PRODUCTION DE POISSONS MARCHANDS

5.5.1- Introduction

La technique de récolte continue est plus efficace que celle de récolte période en terme quantité et de coût de production d'alevin de 0,5-1g. En plus, les alevins issus directement de cette technique se prêtent à l'application de l'inversion hormonale pour produire des populations mâles à un coût de revient nettement moins élevé que le sexage manuel. Enfin les femelles peuvent être valorisées par la production de poissons marchands de 140g destinés aux restauratrices ambulantes.

Ainsi, la production de poissons marchands à partir d'alevins issus de la récolte continue (10 mg) peut se faire selon deux itinéraires suivants :

- le premier itinéraire de comprend deux prégrossissements successifs (de 0,01 à 0,5-1 g et de 0,5-1 à 5 g) en étangs suivis d'un élevage en cages de 5 m³ qui débouche sur la production de fingerlings de 25g, stade à partir duquel intervient le sexage manuel. Les poissons sont alors élevés par sexe séparés en cages de 20 m³ jusqu'à 250 g pour les mâles et 140 g pour les femelles;
- le deuxième itinéraire débute avec le traitement hormonal des alevins de 10mg pour

obtenir directement des individus de 0,5-1 g mâles qui sont ensuite prégrossis en étangs jusqu'à 5g puis élevés en cages de 5 m³ jusqu'à 25g. Ces fingerlings monosexes mâles vont enfin être élevés en cages de 20 m³ jusqu'au poids marchands de 250 g.

Conformément au référentiel technique de la filière aquacole, l'itinéraire I produit 48% de poissons marchands mâles et 52% de poissons marchands femelles alors que l'itinéraire II produit 100% de poissons marchands mâles. Le premier permet d'optimiser les infrastructures d'élevage et la main d'œuvre tout en valorisant les femelles alors que le second permet de réduire la main d'œuvre liée au sexage et d'éviter aussi l'élimination des femelles.

L'objectif de cette partie de travail est de réaliser une évaluation économique de la production de poissons marchands selon les deux itinéraires décrits ci-dessus. Cette simulation est établie à partir des besoins en alevins de la filière aquacole estimé aujourd'hui à 1.500.000 individus de 0,5-1g/cycle (Tableau 21) et en insérant chaque fois que cela est possible, les améliorations techniques issues du présent travail (chapitres 4 et 5) et dont le niveau de rentabilité a été éprouvé.

Tableau 22: Evolution du nombre des poissons au cours d'un cycle

	Itinéraire 1	Itinéraire 2
nombre d'alevins de 10mg	1 875 000	1 028 571
<i>taux de survie de 10 mg à 0.5-1g</i>	80%	70%
nombre total de 0.5-1g	1 500 000	720 000
<i>taux de survie de 0.5-1 à 5g</i>	76%	76%
nombre total de 5g	1 140 000	547 200
<i>taux de survie de 5 à 25g</i>	73%	73%
nombre total de 25g	832 200	399 456
<i>taux de survie des femelles de 25 à 140g</i>	94%	
<i>taux de survie des mâles de 25g à 250g</i>	83%	83%
Vente de femelles de 140g après 6 à 7 mois d'élevage	406 779	
Vente de mâles de 250g après 10 à 14 mois d'élevage	331 548	331 548

5.5.2- Détermination des éléments des coûts de production

5.5.2.1- Coût unitaire de l'alevin de 0.5g

A partir des tests établis en vraie grandeur dans les paragraphes précédents (6232 et 6332), les coûts unitaires sont respectivement de 2,03 FCFA pour l'alevin des deux sexes (Itinéraire 1) et de 5,32 FCFA pour l'alevins inversé monosexes mâle (Itinéraire 2).

5.5.2.2- Coût de l'aliment

Le prix de l'aliment F2* (annexe 7) est de 225 FCFA par kg. Le coût global de l'aliment pour de chaque stade de croissance est calculé à partir du gain de biomasse et de l'indice de conversion (Tableau 23)

Tableau 23: Evolution du coût de l'aliment

Stades		Aliment			
	Nombre	I C	kg	FCFA/kg	FCFA
0.5 à 5g	1 500 000	2,70	12 353	225	2 779 313
5 à 25g	1 140 000	3,20	56 325	225	12 673 152
25 à 250g mâles	331 548	1,80	143 500	225	32 287 395
25 à 140g femelles	406 779	1,80	82 376	225	18 534 538

5.5.2.3- Amortissements et entretiens des étangs et des cages

Il s'agit des frais d'amortissements et d'entretiens de 44 étangs de 350 m², de 346 cages de 5 m³, 182 cages de 20 m³ et de petits matériels (1 trépied + balance, 5 seaux). Ces charges sont affectées proportionnellement à la durée du cycle. Ces charges sont communes aux deux itinéraires. Un forfait est affecté à l'entretien des différentes structures d'élevage (annexe 7).

5.5.2.4- Autres charges (annexe 7)

5.5.3- Approche comparée du prix de revient des poissons marchands

Les poissons marchands mâles (91 839 kg/cycle: Itinéraire 1 ou 2) se vendent actuellement à 900 FCFA/kg départ site et les poissons femelles (57 728 kg/cycle: Itinéraire 1) au prix de 650 FCFA.

Itinéraire 1 : Mâle et Femelle		Itinéraire 2 : Mâle inversé
3 045 000		Alevins inversés 0.5g 3 823 200
47 739 860	18 534 538	Aliment 47 739 860
4 410 000		Main d'œuvre 3 509 250
641 028		Amortissements des étangs 175 838
25 641		Entretien des étangs 13 464
940 774		Amortissement cages de 5 m ³ 426 883
2 547 526		Amortissement des cages de 20 m ³ 2 547 526
457 080		Entretien des cages 509 880
126 480		Amortissement du petit matériel 129 349
19 492		Electricité 28 862
54 000		Fertilisations 28 500
60 006 881	18 534 538	total des charges 58 932 612
82 655 100		Poissons mâles 250g 82 655 100
	37 523 200	Poissons femelles 140g
120 178 300		total des produits 82 655 100
41 636 881		bénéfice net 23 722 488

Le prix de revient d'un kg de poisson selon les itinéraires 1 et 2 sont respectivement de

l'ordre de 526 FCFA (mâle: 653 FCFA et femelle: 321 FCFA) et 642 FCFA.

5.5.4- Discussion et conclusion

A chaque étape de production de poissons marchands, les nouvelles techniques issues des expériences réalisées se sont révélées plus rentables que celles traditionnellement utilisées par la filière et cela, quel que soit l'itinéraire considéré. La différence apparaît dès le stade alevin de 0,5-1g. En plus, les techniques mises au point dans le cadre de ce travail permettent de valoriser les femelles soit à travers la production de poissons marchands de 140 g ou la production des populations mâles «inversées».

L'itinéraire I par lequel les fingerlings mâles et femelles sont utilisés dans la production de poissons marchands permet de mieux valoriser les infrastructures d'élevage existantes. La production de poissons marchands (mâles et femelles) permet de réaliser une économie d'échelle en terme de main d'œuvre et une entrée d'argent intermédiaire par la vente des femelles après 156 jours d'élevage c'est à dire à cheval sur le cycle d'élevage des mâles. Ces recettes auront pour effet d'améliorer la trésorerie des pisciculteurs.

Par ailleurs, les femelles qui sont élevées avec les mâles et sexées à 25 g pourraient l'être plus tardivement à 70 g, stade à partir duquel leur croissance se distingue de celle des mâles. A ce stade le sexage sera meilleur car pratiqué sur des animaux plus gros ce qui constitue un avantage sur la croissance des mâles.

L'itinéraire II à partir duquel les alevins sont inversés dès au départ entraîne la suppression du sexage manuel.

L'itinéraire I permet de réaliser un bénéfice net de 41.636.881 FCFA alors que l'itinéraire II permet de réaliser un bénéfice net de 23.722.488 FCFA. Ces bénéfices supposent des conditions d'élevage optimales et une application rigoureuse des résultats. Or, les conditions d'élevage en cages flottantes dans le fleuve Niger ne sont véritablement favorables que pendant une partie de l'année (hors saison froide et «eaux rouges») et la pisciculture est pratiquée par des exploitants mal alphabétisés donc incapables d'appréhender et d'appliquer rigoureusement les innovations techniques.

5.6- CONCLUSION PARTIELLE SUR LE TEST EN VRAIE GRANDEUR DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

La technique de récolte continue permet de diviser par deux le prix de revient de l'alevin de 0,5-1g et d'appliquer la technique d'inversion hormonale du sexe;

Cette technique est facilement adoptable par les pisciculteurs nigériens;

La valorisation des femelles de 140 g en élevage monosexé représente une alternative viable à leur élimination précoce ou à l'emploi de la technique d'inversion hormonale.

Tableau 17: Poids moyen/individu des alevins prégrossis en étangs

Etangs (200 m²)	Mise en charge (mg)	Pêche de contrôle I (mg)	Pêche de contrôle II (mg)	Pêche de contrôle III (mg)	Pêche de contrôle IV (mg)
2P2	10	108	329	2152	2960
2P5	10	158	327	1448	2931
2P6	10	147	492	731	2236
2P7	10	138	335	1196	2255
Moyenne	10	137,75	370,75	1381,75	2595,5

Tableau 18 : Performances zootechniques des alevins à la fin du traitement

Traitements	S (%)	IC	CJI (mg/j)
40µg/g	67,38 ± 4,04	2,44 ± 0,10	21,75 ± 0,16
30µg/g	67,59 ± 11,69	2,83 ± 0,59	19,20 ± 0,46*
Témoins	72,64 ± 12,89	3,33 ± 0,53*	16,08 ± 0,41**

NB: les animaux avait un poids moyen initial de 10 mg

S: Survie; IC: Indice Conversion; CJI: Croissance Journalière Individuelle.

* : le nombre indique le degré de différence.

Tableau 19: Taux de masculinisation

Pourcentage de mâles			
Traitements	Echantillon I	Echantillon II	Echantillon III
40µg/g	99	100	99
30µg/g	94*	92*	90*
Témoins	60**	63**	64**

* : le nombre indique le degré de différence.

Tableau 20: Données bibliographiques sur les traitements masculinisants aux androgènes en conditions intensives de production

Espèce	Androgène	Dose (mg/kg)	Durée de traitement (jours)	Mâles (%)	Structures d'élevage	Auteurs
<i>O. niloticus</i>	17 α -MT	60	25	91,2 96,7 99,4	Hapa: 1m ² -0,5 m ³ Densité:2000/m ³ Densité: 6000/m ³ Densité: 6000/m ³	Vera-Cruz et Mair, 1994
<i>O. niloticus</i>	17 α -MT	30	21	99,0	500 à 750 ind./m ² 1.081.300 alevins	Guerrero et Guerrero, 1988
<i>O. aureus</i>	17 α -MT	60 100 150	31 31 31	97,0 93,0 83,0	Etangs de 200 m ² Production de 60.000 à 100.000 alevins	Mélardet Ducarme, 1995
Red Taiwan	17 α -MT	60 120	28 28	97,3 99,7	Cage de 1,5 x 1 x 0,9 4000 ind/m ³	Berger et Rothbard, 1987
Red Florida	11 β -OHA4	50	28	99,0	10.000 ind./m ²	Desprez, 1997
Hybride <i>O. niloticus</i> X <i>O. aureus</i>	17 α -ET	60	25 à 28	96,0 99,0 98,0 99,0	400 alevins/cage 1800 alevins/bac 600 à 650.000 alevins/bac de 8,5 m ³	Buddle, 1984
Red Taiwan	17 α -ET	60	28 à 29	98,0 à 100	Bac de 28 m ³ Densité: 8 à 17000 alevins/m ³	Rothbard <i>et al.</i> , 1984

Source : Desprez, (1997).

Tableau 21: Performances zootechniques des femelles élevées en cages flottantes

Cages N°	Durée (j)	NI	NF	S (%)	PMI(g)	PMF (g)	QAD (kg)	TCA (%)	IC	CJI (g/ j)
17	156	300	278	92,67	22,15	150,50	64,5	70,33	1,83	0,82
18	156	300	266	88,67	22,40	145,06	62	69,28	1,95	0,79
19	156	300	279	93,00	22,24	148,03	62	71,30	1,79	0,81
20	156	300	278	92,67	21,59	135,22	56,5	64,97	1,82	0,73
Moyenne	156	300	275	91,75	22,09	144,70	61,2	68,97	1,84	0,78

NI: Nombre Initial; NF: Nombre Final; S: Survie; PMI: Poids Moyen Initial; PMF: Poids Moyen Final; QAD: Quantité d'Aliment Distribuée; TCA: Taux de Consommation d'aliment; IC: Indice de Conversion; CJI: Croissance Journalière Individuelle.

VI- CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

perspectives

La technique de récolte continue a montré son efficacité, sa reproductibilité et sa simplicité de mise en œuvre dans les conditions du Niger et plus largement elle pourrait connaître une large diffusion en Afrique sub-saharienne.

Avec cette technique, les quantités d'alevins récoltées par unité de surface, par unité de géniteurs et unité de temps sont les mêmes en étangs de 100 et 200 m². Les observations rapportées par la filière aquacole lors de la première mise en œuvre de la technique dans les étangs de 350 m² de la Station de Sona sont proches des résultats attendus. Toutefois, ces observations devraient être validées par l'application du protocole établi pour les étangs de 100 m².

La production d'alevins par cette technique augmente de la période de mise en reproduction des géniteurs jusqu'au 30 – 45^e jour et, au-delà, elle diminue de manière constante. Cette baisse de production d'alevins ne peut être expliquée uniquement par le cannibalisme suggérée par la présence des «échappés». D'autres facteurs liés au déroulement du cycle reproducteur sont impliqués dans la baisse observée. Il s'agirait notamment d'approfondir les connaissances sur les interactions sociales et l'émission de substances inhibitrices qui limiteraient l'entrée en reproduction des femelles et la capacité des mâles à féconder les ovocytes.

Ces travaux permettraient une meilleure définition des modalités de gestion des géniteurs en étangs: période de stockage, période de repos et période de mise en reproduction. Par ailleurs, la gestion des géniteurs et l'optimisation de la production d'alevins devraient être mis en relation avec le climat nigérien caractérisé par une alternance de saisons chaudes et froides et de saisons sèches et pluvieuses qui ont des conséquences sur les variations de température et de turbidité de l'eau.

L'élevage en cages flottantes dans les conditions du fleuve améliore la croissance des femelles par rapport à celle, rapportée par la littérature, en étangs. Cette amélioration permet de les valoriser à travers la production de poissons marchands de 140 g destinés aux femmes «Yao» (vendeuses ambulantes) et plus largement conforte la rentabilité de l'élevage et de la filière. La vitesse du courant est le facteur déterminant de l'avantage de croissance des femelles en cages flottantes. Elle pourrait agir sur les comportements sociaux des femelles. Ce mécanisme devrait être bien élucidé à travers des travaux de recherche qui viseront à préciser les différents comportements de l'espèce et les conséquences de la vitesse du courant.

L'élevage mixte (50% de mâles et 50% de femelles) est sans conséquences sur la croissance des femelles. En revanche, il entraîne à partir de 70 g un ralentissement significatif de la croissance des mâles. Bien que ces résultats confirment l'intérêt d'un élevage en cages flottantes des mâles en populations monosexes, les performances zootechniques des femelles pourraient autoriser leur maintien en production selon le contexte technico-économique. Par ailleurs, le sexage manuel qui intervient plus tardivement, améliore le taux de récupération des mâles et facilite de façon générale cette fastidieuse opération réduisant le risque de mortalité des poissons.

Oreochromis niloticus souche Niger est sensible aux traitements d'inversion du sexe utilisant l'hormone de synthèse (17 α -MT), l'hormone naturelle (11 β -OHA4) et les températures élevées (36°C). La souche s'est révélée sensible à ces différents traitements à l'image des autres souches déjà testées mais avec un avantage d'efficacité en faveur de l'hormone de synthèse.

Toutefois, les résultats des traitements hormonaux d'inversion du sexe doivent être pris avec beaucoup de précautions parce que les tests ont été réalisés sur deux fratries différentes pour les deux hormones testées. Or, la sensibilité aux traitements d'inversion du sexe étant très liée aux effets parentaux, la meilleure efficacité de l'hormone de synthèse par rapport à l'hormone naturelle ne pourrait être totalement validée que sur une même fratrie. Des précautions semblables sont à prendre concernant les résultats de la thermosensibilité qui est aussi fortement liée aux effets parentaux.

Le traitement d'inversion hormonale du sexe à la 17 α -MT, appliqué en hapas à la dose de 40 μ g/g d'aliment sur des alevins issus directement de la récolte continue, permet de garantir l'obtention de populations monosexes mâles à grande échelle.

Cependant, au Niger, les conditions climatiques sont favorables, à certaines périodes de l'année, à l'utilisation des températures élevées dans la production de populations monosexes mâles. Un travail de recherche visant à identifier les parents à haut degré de thermosensibilité devrait être engagé afin d'aboutir à la mise en place d'une alternative à la production massive de populations monosexes mâles par sexage manuel ou inversion hormonale qui épargne la main d'oeuvre ou respecte l'environnement et l'image commerciale du produit.

Nos résultats montrent que les différentes techniques actuellement utilisées par la filière peuvent être nettement améliorées à travers la production d'alevins par la récolte continue, la valorisation des femelles par la production de poissons marchands de 140 g ou l'inversion hormonale du sexe. La simulation de ces différents résultats pour la production de poissons marchands montre qu'on peut baisser le niveau de charge de des différentes étapes et conforter ainsi la viabilité de la filière. Dans le contexte du Niger l'élevage des mâles en populations monosexes associé à la production de femelles constituent la meilleure alternative

Malgré ces avantages, le coût de production du poisson marchand produit en cages flottantes demeure aujourd'hui encore trop élevé pour le «consommateur nigérien moyen». Les travaux de recherche futurs devront s'attacher prioritairement à poursuivre la baisse de ce coût (notamment les charges liées à l'amélioration des pratiques alimentaires non étudiées ici).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALHASSANE, M. (1995). Optimisation de la croissance d'*Oreochromis niloticus* par le contrôle de la reproduction. Mémoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. 23 p.

ALHASSANE, M., MIKOLASEK, O., LAZARD, J. and BAROILLER, J.F. (1997). Intensification of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fry Production in the African Sahel: Example of Niger, p.294-304. In Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Orlando, Florida. 808 p.

AMBALI, A.J.D. et LITTLE, D.C. (1996). Effets des différentes tailles d'hapas sur la préparation à la ponte d'*Oreochromis niloticus* dans des étangs de terre fertilisés, p. 246-251. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias, et D. Pauly, (éds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.* 41, 630 p.

ANDERSON, C.E. ET SMITHERMAN, R.O. (1978). Production of normal male and androgen sex reversed *Tilapia aurea* and *Tilapia nilotica* fed a commercial catfish diet in ponds, p 34-42. In R.O. Smitherman, W.L. Shelton et J.H. Groves (éds). Culture of exotic fishes symposium proceedings. Fish Culture Section, American Fisheries Society, Auburn, Alabama.

AVTALION, R.R. and HAMMERMAN, I.S. (1978). Sex determination in *Sarotherodon* (Tilapia). Introduction to the theory of autosomal influences. *Bamidgeh*, 30 (4):110-115.

BABIKER, M.M. and IBRAHIM, H. (1979). Studies on the effect of manipulating in the cichlid *Tilapia nilotica* (L) : gonadal maturation and fecundity. *Journal of Fish and biology*, 14, 437- 448.

BAERENDS, G.P. et BAERENDS-VAN ROON, J.M. (1950). An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. *Behaviour* (Suppl.) 1:1-242.

BALARIN, J.D. ET HALLEY, R.D. (1982). The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages, p. 267-355. In J.F. Muir et R.J. Roberts (éds). Recent advances in aquaculture. Croom Helm, Londres.

BARAS, E. et MELARD, CH. (1996). Individual Growth of Juvenile Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L: Emergence and Dynamics of Sexual Growth Dimorphism. p.169-177. In K. Fitzsimmons (eds), Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Orlando, Florida. 808 p.

BARD, J., DE KIMPE, P., LEMASSON, J. et LESSENT, P. (1974). Manuel de Pisciculture Tropicale. CTFT, Nogent-sur-Marne, 209 p.

BAROILLER, J.F. (1988). Etude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez *Oreochromis niloticus*. Thèse dr., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris p 89.

BAROILLER, J.F. (1995). Rapport de mission d'appui à l'ADAN. CIRAD-EMVT, 18 p.

BAROILLER, J.F. et JALABERT, B. (1989). Contribution of research in reproductive physiology to the culture of Tilapias. *Aqua. Living Ressour.*, 2 : 105-116.

BAROILLER, J.F. et TOGUYENI, A. (1996). Comparaison des effets d'un stéroïde naturel, 11 β -hydroxyandrostènedione et d'un androgène de synthèse, 17 α -méthyltestostérone, sur le sexe ratio chez *Oreochromis niloticus*, p.261-269. In R.V.S. Pullin, J. Lazard, M. Legendre; J.B. Amon Kothias et D. Pauly. (éds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.* 41, 630p.

BAROILLER, J.F., CLOTA, F. and GERAZ, E. (1995a). Temperature sex determination in two tilapia species *Oreochromis niloticus* and the Red tilapia (Red Florida Strain) : effect of high temperature. p: 158-160. In F.W.Goetz and P. Thomas (eds), Proceeding of the 5th International on Reproductive Physiology of Fish, Austin, Texas.

BAROILLER, J.F., CHOURROUT, D., FOSTIER, A. and JALABERT, B. (1995b). Temperature and sex chromosomes govern sex-ratios of mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *J. Exp. Zool.*, 273: 216-223.

BAROILLER, J.F., FOSTIER A., CAUTY, C., ROGNON, X. et JALABERT, B. (1996). Effets de fortes températures d'élevage sur le sexe ratio de descendance issues de néomâles de *Oreochromis niloticus*, p. 270-281. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (eds.). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICLARM. Conf. Proc.*, 41, 630 p.

BAROILLER, J.F., DESPREZ, D., CARTERET, Y., TACON, P., BOREL, F., HOAREAU, C., MELARD, C. and JALABERT, B. (1997). Influence of Environmental and Social Factors on the Reproductive Efficiency in Three Tilapia Species, *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, and *Red Tilapia* (Red Florida Strain), p.238-252. In Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Orlando, Florida. 808 p.

BEHREND, L.L., KINGSLEY, J.B and PRICE, A.H. III (1993). Hatchery production of blue tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner), in small suspended hapas nets. *Aquaculture and Fisheries management*. 24: 237-243.

BLAY, J.Jr (1981). Fecundity and spawning frequency of *Sarotherodon galileus* in a concrete pond. *Aquaculture* 25 : 95-99.

BLUM,V and FIEDLER, K. (1965). Hormonal control of reproductive behavior in some cichlid fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 5:186-196.

BULLOW, F.J. (1970). RNA, DNA ratios indicators of recent growth rate in fish. *J. Fish. Res. Bd. Canada.*, 27 : 2343-2449.

- CARTERET, Y (1995).** Caractérisation de la reproduction et élevage larvaire du Tilapia rouge du genre *Oreochromis* et de souche Red Florida. Rapport de fin d'études, ISPA/ENSAR. Rennes. 54p
- CAVAILLES, M. (1981).** Production intensive d'alevins de *Sarotherodon niloticus*. CTFT. Div. Rech. Pisc. Bouaké (Côte d'Ivoire) 18 p.
- CHANG, S.L., HUANG, C.M. and LIAO, I.C. (1988).** The effect of various feeds and seed production by Taiwanese Red tilapia p. 319-322. In R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai. and J.L. Maclean. (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 623 p.
- CHANG, S.L. et LIAO, I.C. (1996).** Triploïdie induite par choc thermique chez *Oreochromis aureus*, p. 300-307. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (éds.). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.*, 41, 630 p.
- CHARDARD, D., DESVAGES, G., PIEAU, C and DOURNON, C. (1995).** Aromatase activity in larval gonads of *Pleurodeles waltl* (Urodele, Amphibia) during normal sex differentiation and during sex reversal by thermal treatment effect. *Gen.Comp. Endocrinol.*, 99: 100-107.
- CHAO, N.H., CHAO, W.L., LIU, K.C. et LIAO, I.C. (1987).** The properties of Tilapia sperme and cryopreservation, p. 107-108. *Journal of fish biology*.
- CHERVINSKY, J. (1982).** Environmental physiology of tilapias, p 119-128. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe Mc Connell (eds). The biology and culture of tilapias. *ICLARM. Conf. Proc.*, 7, 432 p.
- CHOUROUT D. and ISKOVITH H. (1983).** The three manipulations permitted by artificial insemination in Tilapia: Induced diploid, gynogenesis, production of all triploid and intergenic hybridation. In Proceedings of the First International Symposium in Aquaculture Tiberias: 246-255.
- CONOVER, D.O. (1984).** Adaptative signifiacne of temperature dependant sex determination in a fish. *Amer. Nat.*, 123: 297-313.
- CONOVER, D.O and HEINS, S.W (1987).** Adaptative variation in environmental and genetic sex determination and genotype in a fish. *Nature*, 326:496-498.
- COWARD, K. and BROMAGE, R. (1998).** Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*. *Journal of Fish Biology*: 53, 285-302.
- COWEY, C.B. et SARGENT, J.R. (1972).** Fish nutrition. *Adv. Mar. Biol.*, 10: 383-492.
- DADZIE, S. (1969).** Spermatogenesis and the stages of maturation in the male Cichlid fish *Tilapia mossambicus*. *J. Zool. Lond.*, 159: 399-403.

De BONT, A.F. (1950). La culture des tilapias. 321-336, Comptes rendu de la conférence Piscicole Anglo-Belge, Elisabethville (Congo). Publications des Directions de l'Agriculture du Ministère des Colonies et du Gouvernement Général du Congo belge, 355p.

DESPREZ, D. (1992). Etude comparée de la reproduction de femelles et pseudofemelles chez le Tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864). Mémoire de licence, Université de Liège. 52 p.

DESPREZ, D. (1997). Etude de l'influence du génotype sexuel sur la détermination du sexe, la reproduction et la croissance chez le tilapia *Oreochromis aureus* (Pisces, Cichlidae) (Steindachner, 1864). Contribution à l'étude du déterminisme du sexe chez un hybride complexe, le tilapia rouge «Red Florida». Thèse de doctorat. Université de Liège, 139 p.

DESVAGES, G. and PIEAU, C. (1992). Aromatase activity in gonads of turtle embryos as a function in the incubation temperature of eggs. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.*, 41 (3): 851-853.

DFPP (1992). Rapport annuel d'activités. Direction de la Faune Pêche et Pisciculture /MHE. 55 p.

DOURNON, C., HOUILLON, F. and PIEAU, C. (1990). Temperature Sex Reversal Amphibians and Reptiles. *Int. J. Dev. Biol. Biol.*, 34: 81-92.

DONALDSON, E.M., FAGERLUND, U.H.M., HIGGS, D.A. and McBRIDE, J.R. (1979). Hormonal enhancement of growth p. 456-578. *In* W.S. Hoar., D.J. Randall et J.R. Brett (eds). Fish physiology. Vol.8. Academic Press, New York.

DUPONCHELLE, F. (1997). Reproduction du Tilapia (Pisces, Cichlidae) *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) dans les retenues artificielles de Côte d'Ivoire: analyse comparative des modalités de reproduction et approche expérimentale de leur déterminisme. Thèse de Doctorat. Univ. Bretagne Occidentale. 131p.

DUPONCHELLE, F. and PANFILI, J. (1998). Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes* 52: 453-465.

DUPONCHELLE, F., POUYAUD L. and LEGENDRE M. (1998). Evidence of environmental effects on reproductive characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) populations from man-made lakes of Ivory Coast. *Aquat. Living Resour.* 11 (3): 137-144.

EALES, J.G., MACLATCHY, D.L and SWEETING, R.M. (1983). Thyroid hormone deiodinase systems in salmonids and their involvement in regulation of thyroidal status, p. 313-321. *Fish Physiology and biochemistry* Vol.11 N°1-6. Kugler Publications, Amsterdam/New York.

EVANS, W.S., KRIEG, R.J., LIMBER, E.Z., KAISER, D.L. and THORNER, M.O. (1985). Effects of in vivo gonadal hormone environment on in HGRF-40-stimulated GH release. *AM.J. Physiol.*, 249 :276-280.

FAO (1997). Review of the State of World Aquaculture. Fisheries Circular N° 886. Rev.1 163 p.

FAGERLAND, UHM. and McBRIDE, J.R. (1978). Distribution and disappearance of radioactivity in blood and tissues of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) after oral administration of 3 H-testosterone. *J. fish. Res. Board. Can.* 35: 893-900.

FALTER, U. (1996). Recherche des mécanismes d'isolement chez les tilapias, p. 330-339. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kotias, et D. Pauly, (eds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICARM conf. Proc.*, 41, 630 p.

FAUCONNEAU, B., TOGUYENI, A., FOSTIER, A., Le BAIL, P.Y., BOUJARD, T., and BAROILLER, J.F. (1997). New insights on feeding and growth of Tilapia (*Oreochromis niloticus*), p. 151-168. In Proceedings of ISTA IV, Fourth International Symposium on Tilapia Aquaculture, Orlando, Florida.808 p.

FRYER, G and ILES, T.D., (1972). The Cichlid fishes of the graet lakes of Africa: Their biology and distribution. Oliver and Boyd, Edinburgh.

GAUTIER, J. Y., RICHARD-YRIS, M.A., LE FAUCHEUX, B. et FORASTE, M. (1996). Plasticité du cycle parental chez *Oreochromis niloticus*, p. 340-346. In R.V.S. Pullin, J. Lazard, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (éds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.*, 41, 630 p.

GUERRERO III, R.D. (1982). Control of tilapia reproduction. p :309-316. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe McConnell (eds), Proceeding on the Biology and Culture of Tilapias, Manila, Philippines. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 432 p.

GUERRERO, R.D. III (1986). Production of Nile tilapia fry and fingerling in earthen ponds at Pila, Laguna, Philippines, p. 49-52. In Maclean, J.L., Dizon, L.B. and Hosillos, L.V. (eds.). The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.

GUERRERO, R.D. III (1987a). Tilapia Farming in the Philippines. Technology and Livelihood Resource Center, Manila Philippines, P. 772-777. In K. Fitzsimmons (eds), Proceeding from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Orlando, Florida 808 p.

GUERRERO, R.D. III (1987b). Commercial production of tilapia in freshwater ponds and cages in the Philippines, p. 14-20. In: R.D. Guerrero, D.L. Guzman and C.M. Lantican (eds). Proceeding from First National Symposium and Workshop on tilapia Farming. PCARRD Book series N° 48, Los Banos, Laguna, Philippines. 68 p.

GUERRERO, R.D. III et GARCIA, A.M. (1983). Studies on the fry production of *Sarotherodon niloticus* in a lake-based hatchery, p 388-393. In Fishelson, L. et

Yaron, S. (eds.). The First Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University. 624 p.

GUERRERO, R.D. et GUERRERO, L.A. (1985). Effect of breeder size on fry production of Nile tilapia in concrete pools. *Transactions of the National Academy of Science and Technology* (Philippines), 7, 63-66.

GUERRERO, R.D. III et GUERRERO, L.A. (1988). Feasibility of commercial production of sex-reversed Nile tilapia fingerling in the Philippines, p.183-186. In R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 p.

GUERRERO III, R.D. and GUERRERO, L.A. (1997). Effects of Androstenedione and Methyltestosterone on *Oreochromis niloticus* Fry Treated for Sex Reversal in Outdoor Net Enclosures.

GREGORY, RG. (1987). Con-specific predation in *Oreochromis niloticus* juveniles in the commercial production of fingerlings. M.sc.thesis. Institute of Aquaculture, University of Starling.

HAMID R., HABIBI, H.R. and PATI D (1993). Expituitary gonadotropin-releasing hormone (GnRH) binding sites golfish. *Fish Physiology and Biochemistry*. Vol 11 1-6 pp 43-48.

HANSON, T.R., SMITHERMAN, R.O., SHELTON, W. L. and DUNHAM, R. A. (1983). Growth comparisons of monosex tilapia produced by separation of sexes, hybridation, and sexe reversal. In Proceedings of the International Symposium on the Tilapia in Aquaculture, Fishelton L. and Yaron Z. (eds). *Univ, de Tel Aviv* p.570-579.

HAROLD, I. and SILVERMAN, H.I. (1978). The effects of visual stimulation upon age at first spawning in the mouth-broodings cichlids fish *Sarotherodon* (Tilapia) *mossambicus* (Peters).

HENDERSON-AZERPALO, A., STICKENEY, R.R. and LEWIS, D.H. (1980). Immune hypersensitivity in intensive cultured Tilapia species. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 109 :224-247.

HICKLING, C.F (1960). The Malaca tilapia hybrids. *J. Genet.*, 57:1-10.

HIGGS, D.A., DONALDSON, E.M., DYE, H.M. and Mc BRIDE, J.R. (1975). A preliminary investigation of the effect of bovine growth hormone on th growth muscle composiution of saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 27: 240-253.

HIGGS, D.A., FAGERLUNG, U.H.M., EALES, J.G. and Mc BRIDE, J.R. (1982). Aplplication of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73: 143-176.

HOSTACHE, G., PASCAL, M. et TESSIER, C. (1995). Influence de la température d'incubation sur le rapport mâle/femelle chez l'attipa *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828). *Can.J.Zool.*, 73: 1239-1246.

HSU, C.J. et HAMMOND, J.M. (1987). Concomitant effects of growth on secretion insuline like growth factor and progesterone by cultured porcine granulosa cells. *Endocrinology.*, 121:1343-1348.

HUET, (1970). Traité de pisciculture. Ed. Ch. de Wyngaert, Bruxelles, 718 p.

HUGHES, D.C. and BEHREND, L.L. (1983). Mass production of *Tilapia nilotica* seed in suspended net enclosures, p 394-401. In Fishelson, L. and Yaron, Z. (eds.). Proc. The First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University. 624 p.

HUNT, S.M.V., SIMPSON, T.H. and WRIGHT, R.S. (1983). Seasonal changes in the levels of 11 oxotestosterone and testosterone in the serum of male salmon *Salmo solar* L., First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University., 624 p.

HYDER, M (1970). Gonadal and reproductive patterns in *Tilapia leucosticta* (Teleostei Cichlidae) in an equatorial lake, lake Naivasha (Kenya). *J. Zool. Lond.*, 162: 179-195.

HYDER M et KRISCHNER M.A. (1969). Detection and estimation of testosterone in the testes of the of the *Tilapia leucosticta*. *Pisces Cichlides. J. Endocrinol.*, 44: 281-282.

HYDER, M et AVILA (1980). Tritiated 17 β -estradiol uptake by the brain and other tissues of the Cichmid jewel fish *Hemochromis fasciatus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 42: 203-211.

ILES, T.D. (1973). Dwarfing or stunting in the genus *Tilapia* (Cichlidae) a possible recruitment mechanism;. In fish stocks recruitment , B.B., Parrish (eds). Rapports et procès verbaux de réunions, CIEM, 164 : 246-254.

JALABERT, B., KAMMACHER, P et LESSENT, P. (1971). Déterminisme du sexe chez les hybrides entre *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica*. Etude de sexe ratio dans les retcroisements des hybrides de premières générations par les espèces parentes.

JALABERT, B., FOSTIER, A. et BRETON, B. (1982). Contrôle endocrinien de la croissance chez les poissons téléostéens: données majeures et applications. *Oceanis* , 8 (7): 551-579.

JALABERT, B., MOREAU, J., PLANQUETTE, P. et BILLARD, R. (1974). Déterminisme du sexe chez *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica*: Action de la méthyltestostérone dans l'alimentation des alevins sur la différenciation sexuelle; proportion des sexes dans la descendance des mâles inversés. *Ann. Biol.Anim., Biochim., Biophys.* 14 (4-B), 729-739.

JAUNCEY, K and ROSS, B (1982). A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of Aquaculture, University of Starling, Scotland, 111p.

JENSON, G.L. et SHELTON, W.L. (1979). Effects of estrogens on *Tilapia aurea* :implications for production of monosex genetic male tilapia. *Aquaculture.*, 16:233-242.

KAH O., ANGLADE I., LEPIETRE E., DUBOURG P. and MONBUM D. (1993). The reproductive brain in fishes to *Tilapia an Sarotherodon* pp 129: 140-.432p.

KEENLEYSIDE, M.H.A. (1991). Parental care. *In* Keenleyside, M.H.A. (eds.), *Ciclid Fisheries: Behaviour, Ecology and Evolution*, Chapman and Hall, London, p191-208.

KESTMONT, P., MICHA, J.C. et FALTER, U. (1989). Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. *Programme de mise en valeur de coordination de l'aquaculture* ADCP/REP/89/46 FAO 131 p.

LANG, J.W. and ANDREW, H.V. (1994). Temperature dependent sex determination in crocodilians. *J.exp.Zool.*, 270: 28-44.

LAZARD, J. (1980). Le Développement de la Pisciculture Intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme pilote de Natio-kobadara (Khorogho). Notes et documents sur la pêche et la pisciculture. 21: 1-44.

LAZARD, J. (1984). L'élevage du Tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étangs. *Bois et Forêts des tropiques*, 206: 33-50.

LAZARD, J. (1986). La Pisciculture: composante des systèmes de production agricole. Communication présentée au séminaire "Relations Agriculture-Elevage" DSA-CIRAD. Montpellier. Les cahiers de la recherche-Développement p 27-34.

LAZARD, J. (1990). L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étangs, p. 5-22. *In* Méthodes Artisanales d'Aquaculture du Tilapia en Afrique, J. Lazard, P. Morissens, P. Parrel,. C. Aglinglo, I. ALI, et P. Roche (eds). CTFT, 82 p.

LAZARD, J. et LECOMTE, Y (1993). Pêcheurs et aquaculteurs Niger. p 211-231. *In* le Développement Agricole au Sahel. Tome III . MP Bosc, V Dollé, P. Garin et J. M, Young. (eds) CIRAD, 297 p.

LAZARD J. et LEGENDRE, M. (1996). La reproduction spontanée du tilapia: une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine, p. 82-98. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kotias, et D. Pauly (eds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICARM. Conf. Proc.*, 41, 630 p.

LAZARD, J. et ROGNON, X. (1997). Biodiversité des aquaculteurs et gestion de la variabilité des tilapias: quelle stratégie pour quel développement en Afrique ? Etude de cas: Niger et Côte d'Ivoire.

LAZARD, J., MORISSENS P. et PARREL, P., (1988). Artisanal aquaculture of tilapia in West Africa: Comparative analysis of different culture systems and their development level. *In: Proceeding of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K.Tonguthai et J.L. Maclean (eds). *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 41-52.

LE BAIL, P.Y. (1988). Growth-reproduction interactions in Salmonids. Reproduction fish. Basic and applied aspects in endocrinology and genetics. Tel Aviv, Israel, 10-12 nov. Les colloques de l'INRA. 44:91-108.

LE GAC F., BLAIS O., FOSTIER A., LE BAIL J.I., LOIR., MOUROT B. and WEIL C. (1993). Growth hormone (GH) and reproductive a review of Fish Physiology and Biochimistry . Vol 11 1-6 pp 219-232.

LEE, J.C. (1979). Reproduction and hybridation of three Cichlid fishes, *Tilapia aurea* (Steindachner), *T. hornorum*, (Trewavas) and *T. nilotica* (Linnaeus) in aquaria and in plastic pools. Ph.D. Dissertation, Auburn Univ., Al, USA. 84p.

LEGENDRE, M. (1991). Potentialités aquacoles des Cichlidés (*Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis*) et Claridés (*Heterobranchus longifilis*) Thèse dr., UNIV, Montpellier, 70 P.

LEGENDRE, M et JALABERT, B. (1988). Physiologie de la reproduction, p 153-174. Biologie et Ecologie des poissons d'eau douce Africains. Editions ORSTOM, 508 p.

LEGENDRE, M. et ECOUTIN, J.M. (1996). Aspects de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron*: Comparaison entre une population naturelle (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations d'élevage, p. 360-374. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B Amon Kotias. et D Pauly (eds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICARM conf. Proc.*, 41, 630 p.

LITTLE, D.C (1989). An evaluation of strategies for production of Nile tilapia «*Oreochromis niloticus*» fry suitable for hormonal treatment. Ph D. Dissertation, Institute of aquaculture, Univ of Starling, Starling, Scotland.

LITTLE, D.C., MACINTOSH, D.J. and EDWARDS, P. (1993). Improving spawning synchrony in the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture and Fisheries management. 24, 399-405.

LITTLE, D.C., MACINTOSH, D.J. et EDWARDS, P. (1996). Echange sélectif des géniteurs de *Oreochromis niloticus* dans des hapas de reproduction de grande taille immergés dans des étangs de terre, p.99-108. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kotias et D. Pauly (eds). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICARM conf. Proc.*, 41, 630 p.

LOBET, H. et DIOUF, A (1994). Rapport d'activités semestriel N°2 du service commercial de l'Association des Aquaculteurs. 32 p.

LONE, K.P. et MATTY, A.J. (1980). The effect of feeding methyltestosterone on the growth and body composition for common carp *Cyprinus carpio* (L.). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 40 : 409-424.

LOSVSHIN, L.L. (1982). Tilapia Hybridation. The Biology and culture of tilapia. In R.S.V. Pullin, and R.H. Lowe-McConnell (eds). pp 279-308. ICLARM Conference Proceedings 7, Manila, Philippines, 432 p.

LOWE McCONNELL, R.H. (1958). Observations on the biology of *Tilapia nilotica* L. in East Africa waters. *Revue de Zoologie et Botanique Africaine* 57, 129-170.

LOWE McCONNELL, R.H. (1982). Tilapia in fish communities, p. 83-113. In R.S.V. Pullin et R.H. Lowe McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 432 p.

LUQUET, P. (1985). Rapport de mission d'appui sur l'alimentation. Projet de Développement de l'Aquaculture au Niger. CTFT. Nogent sur Marne, 16 p.

LUQUET, P. (1989). Practical considerations on the protein nutrition and feeding of tilapia. *Aquat. Living Resour.*, 2 :99-104.

MACINTOSH, D.J. and De SILVA, S.S. (1984). The influence of stocking density and food ration on fry survival and growth in *Oreochromis mossambicus* and *O. niloticus* femelle x *O. aureus* male tilapia in India. *Journal of fish Biology*. 94 p.

MACINTOSH, D.J., VARGHESE, T.J. and RAO, G.P.S. (1985). Hormonal sex reversal of wild-spawned tilapia in India. *Journal of fish Biology*, 26, 87-94.

MACINTOSH, D.J., SINGH, T.B., LITTLE, D.C. and EDWARDS, P. (1988). Growth and sexual development of 17 α -méthyltestosterone and progesterone-treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in earthen ponds, p 457-463.. In The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ICLARM Conference Proceeding, R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (eds).

MACINTOSH, D.J. and LITTLE, D.C. (1995). Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Broodstock Management and egg and Larval Quality. N.R. Bromage and R.J. Roberts (eds.), p. 277-320. Blackwell Science, Oxford.

MAIR, G.C., PENMAN, D.J., SCOTT, A., SKIBINSKI, D.O.F. and BEARDMORE, J.A. (1987). Hormonal sex-reversal and the mechanism of sex determination in *Oreochromis*, p: 301-312. In K. Tiews (eds), Selection, Hybridation and Genetic Engineering in Aquaculture, Vol.2, Heenemann, Berlin.

MAIR, G.C., BEARDMORE, J.A. and SKIBINSKI, D.O.F. (1990). Experimentale evidence for environmental sex determination in *Oreochromis* species. p: 555-558. In R. Hirano and I. Hanyu (eds), Proceedings of the Second Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manilla, Philippines, 991p.

MAJUMDAR, K.C. and McANDREW, B.J. (1983). Sex-ratio from interspecific crosses within the tilapias, p: 261-269. In L. Fishelson and Z. Yaron (eds),

Proceeding of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Tel Aviv, 624 p.

MARSHALL, B.E. (1979). Observations on the breeding biology of *Sarotherodon macrochir* (Boulenger) in lake Mcllwaine, Rhodesia. *J. Fish. Biol.* 14 : 419-424 p.

McANDREW, B.J. (1993). Sex control in tilapiines. *In* Recent Advances in Aquaculture, J.F. Muir and R.J. Roberts (eds). pp 169-179. CRC Press, New York.

Mc BAY, L.C. (1961). The biology of *Tilapia nilotica* (Linnaeus). *Proc. Anim. Conf. South East Assc. Gamme Fish* 15: 208-218.

MELARD, C. (1986). Les Bases Biologiques de l'Elevage du Tilapia du Nil. Cahiers d'Ethologie appliquée, Vol. 6, 224 p.

MELARD, C. et PHILLIPPART, J.C. (1981). La production du Tilapia de consommation dans les rejets industriels d'eau chaude en Belgique. *Cah. Ethol. Appl.*, 1 (2) : 122 p.

MELARD, C. et DUCARME, C. (1995). The Tilapia intensive rearing technology in Europe. *In* Kestmont and R. Billard (eds), Workshop on Aquaculture of freshwater species (except salmonids), European Aquaculture Society, Special Publication , 20: 24-28.

MELARD, C., DUCARME, C., et LASSERRE, J. (1989). Technologie de l'élevage intensif du tilapia: reproduction - croissance - nutrition - production - pathologie - aspects économiques. Laboratoire de démographie de poissons et de pisciculture, CERER -Pisciculture. Tihange Belgique.

MELARD, C. et PHILLIPPART, J.C. (1990). Pisciculture intensive de *Sarotherodon niloticus* dans les effluents thermiques d'une centrale nucléaire en Belgique. *In*:Symposium on New Developments in the Utilisation of Head Effluents and of Recirculation Systems of Intensive Aquaculture. EIFAC/80/Symp/Document E/11.

MELARD, C., DESPREZ, D. et PHILLIPPART, J.C. (1994). Le contrôle du sexe chez les tilapias: Bilan et Perspectives de 10 années de Recherche à la Station Aquacole de Tihange. Cahiers d'Ethologie, 13 (4): 421-434.

MELARD, C., BARAS, E. and DESPREZ, D. (1997). Compensatory Growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *In* Tilapia Aquaculture, Proceeding from the Fourth International Symposium in Aquaculture, p. 178-185. *In* K. Fitzsimmons (eds.) Orlando, Florida, 808p.

MEYER, D.E. et SMITHERMAN, R.O. (1996). Croissance, survie et sexe ratio chez *Oreochromis urolepis hornorum*, *O. niloticus* et leurs hybrides traités à la 17 α -méthyltestostérone, P. 123-129. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendrre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (eds). Le troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41, 630 p.

MIKOLASEK, O., ALHASSANE, M., DADE, A., KODAKO, Y O. et MASSOU, M. (1994). L'enjeu de la recherche au Niger, p.30-37. *In* atelier national sur la pisciculture au Niger. MHE/DFPP/MCAC.

MIKOLASEK, O., LAZARD, J., PATOUT, O. et MASSOU, M. (1997a). Le développement à l'épreuve du concret: L'exemple de l'aquaculture en cages flottantes sur le fleuve Niger, p 483-498. *In* K. Fitzsimmons (eds.). Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia Aquaculture, Orlando, Florida. 808 p.

MIKOLASEK, O., LAZARD, J., ALHASSANE, M., PARREL, P. and ALI, I. (1997). Biotechnical Management of Small-Scale Tilapia Production Units in Floating Cages in Niger River (Niger), p. 348-356. *In* K. Fitzsimmons (eds.). Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia Aquaculture, Orlando, Florida. 808 p.

MIRES, D. (1983). A technical evaluation of tilapia culture. P 600-610. *In* L. Fishelson and Z. Yaron (eds), Proceeding of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Tel Aviv, 624 p.

MIRES, D. (1982). A study of the problems of mass production of hybrid tilapia fry, p. 317-329. *In* R.S.V. Pullin et R.H. Lowe McConnell (éds.). The Biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 432 p.

MOREAU, J. (1979). Biologie et Evolution des Peuplements de Ciclidés (Pisces) Introduits Dans les Lacs Malgaches d'Altitude. Thèse de Doctorat d'Etat n°38. Institut Polytechnique de Toulouse, 301 p.

MORIARTY, DS.J.W. (1973). The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlids fish, *Tilapia nilotica*. *J.Zool.Lon.*, 171: 25-39.

NAGAHAMA, Y., YOSHIKUNI, M., YAMASHITA, M., SAKAI, N and TANAKA, M. (1993). Molecular endocrinology of oocyte growth and maturation in fish, p 3-14. *Fish Physiology and Biochemistry.*, Vol.11.n°1-6.

NAKAMURA, M. and TAKAHASHI, H (1973). Gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambicus*, with special regard to the time of estrgen treatment effective in inducing complète feminisation of genetic males. *Bull Fsc. Fish* 44: 312-318.

NAKAMURA, M. et NAGAHAMA, Y. (1985). Steroids producing cell during ovarian differentiation of the tilapia *Sarotherodon niloticus*. *Develop. Growth and differ*, 27, 701-708. Acad. Press. New-York.

NIALL R.B. and ROBERTS, R.J. (1995). Broodstock management and egg and larval quality. Niall, R.B.ety Robert, R.J. (eds), Blackwell Science Ltd Oxford 424 p.

NOAKES, D.L.G. and BALON, E.K. (1982). Life histories of Tilapia: an evolutionary perspective, p 61-62. *In* R.S.V Pullin et R.H. Lowe McConnell (eds). The biology and culture of Tilapia. *ICLARM. Conf. Proc.*, 7, 432 p.

OBI, A. UHUNMWANGHO, B.E. et OSHO, O.O. (1993). Production of *Oreochromis niloticus* Seedstock in Suspended Net Enclosures (Hapas), p.45-47. *Journal of Aquatic Science* 8: 51-53.

OLIVEREAU, M., LELOUP, J., De LUZE, A. et OLIVEREAU, J. (1981). Effet de l'oestradiol sur l'axe hypophyso-thyroïdien de l'anguille. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 43: 334-356.

PAGNI, L. (1994). Le Niger reportage, la bataille: économie ou gageure. Courrier n°143, 96 p.

PANTASTICO, J.B., DANGILAN, M.M.A. and EGUIA, R.V. (1988). Cannibalism among different sizes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry/fingerlings and the effect of natural food, p. 465-468. In R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai, and J.L. Maclean, (eds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 623 p.

PARREL, P., ALI, I. et LAZARD, J. (1990). Le Développement de l'Aquaculture au Niger: Un Exemple d'Elevage de Tilapia en Zone Sahélienne. Méthodes Artisanales d'Aquaculture du Tilapia en Afrique. *CTFT. Dépt. du CIRAD*. 82 p.

PAULY, D., MOREAU, J. et PREIN, M. (1988). A comparaison of overall growth performances of Tilapia in open waters and aquaculture, p.469-479. In R.S.V. Pullin, T. Bhukasman, K. Tonguthai et J.L. Maclean (eds). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 633 p.

PETERS, R.E. (1973). Neuroendocrinology of teleost. *Amer. Zool.* 13 :743-755.

PETERS, H.M. (1983). Fecundity egg weight and oocyte developpment in tilapia. International Center for Living Aquatic Ressources Management, translation 2, Manila, Philippines.

PHILIPPART, J. C. and RUWET, J.C. (1982). Ecology and distribution of tilapias 15-59. In R.S.V. Pullin, et R.H. Lowe McConnel (eds). Biology and Culture of Tilapia, *ICLARM. Conf. Proc.*, 7, 432 p.

PONCIN, P. (1989). Effect of different photoperiods on the reproduction of the berbel *Barbus barbus* (L.) reared at constant temperature, p 335-400. *J. Fish. Biol.*

POPMA T.J. et GREEN.B.W. (1990). Sex-reversal of tilapia in earthen ponds. International Center of Aquaculture, Auburn University Alabama, Research and Development Series N° 35, 14p.

POUOMOGNE.V (1994). L'alimentation du Tilapia *Oreochromis nilotcisu* en étang: Evaluation du potentiel de quelques sous produits de l'industrie agro-alimentaire et modalités d'apport des aliments. Thèse de doctorat de l'ENSAR., 101 p.

P.R.E. (1997). Programme de relance économique. République du Niger. 135 p.

PRUGININ, Y. (1967). Culture of carp and tilapia hybrids in Uganda. *FAO Fish. Rep.*, 44: 223-229.

PRUGININ, Y., ROTHBARD, S., WOLFARTH, G., HALEVY, A., MOAV, R. et HULATA, G. (1975). All male broods of *Tilapia nilotica* et *Tilapia aurea* hybrids. *Aquaculture*, 6: 11-21.

PULLIN, R.S.V. (1993). Choice of Tilapia species for aquaculture. P64-76. *In* L. Fishelson and Z. Yaron (eds), *Proceeding of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Tel Aviv, 624 p.

PULLIN, R.S.V. (1996). L'aquaculture du tilapia dans le monde: bilan et perspectives, p. 1-6. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (eds). *Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture; ICLARM Conf. Proc.*, 41, 630 p.

PULLIN, R.S.V., BHUKASMAN, T., TONGUTHAI, T. and MACLEAN, J.L. (1988). The second international Symposium on Tilapia in Aquaculture. *ICLARM. Conf. Proc.* 15, 623 p.

RANA, K.J. (1986). An evaluation of two types of containers for the artificial incubation of *Oreochromis* eggs. *Aquaculture and Fisheries management*, 17, 139-145.

RANA, K.J. (1996). Effets du comportement reproducteur des géniteurs *Oreochromis* vivant en captivité sur la qualité de leurs alevins, p. 424-432. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kotias. et D. Pauly (eds). *Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICARM conf. Proc.*, 41, 630 p.

RANA K.J. et MACINTOSH (1988). A comparison of the quality of hatchery-reared *Oreochromis niloticus* and *Oreochromis mossambicus* fry. *In* R.S.V. Pullin, T. Bukaswan, K. Touguthai and J.L. Maclean (eds). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc.*, 15:329-333.

RIDHA, M.T. et LONE, K.P. (1990). Effect of oral administration of different levels of 17 α -methyltestosterone on the sexe reverse, growth and food conversion efficiency of the tilapia *Oreochromis spilurus* (Gunther) in brackish water. *Aquaculture and fisheries management* 21 (4): 391-397.

RIDHA, M.T., CRUZ, E.M., AL-AMEERI, A.A. and AL-AHMED, A.A. (1998). Effects of controlling temperature and light duration on seed production in tilapia *Oreochromis spilurus* (Günter). *Aquaculture research*, 29, 403-410.

ROSS, B et JAUNCEY, K. (1981). A radiographic estimation of the effect of temperature on gastric emptying time in *Sarotherodon niloticus* (L) x *Sarotherodon aureus* (Steindachner) hybrids. *J. Fish Biol.*, 19: 333-334.

ROTHBARD, S. (1979). Observations on the reproductive behaviour of *Tilapia zillii* and several *Sarotherodon* spp. under aquarium conditions. *Bamidgeh*, 31: 35-43.

ROTHBARD, S. MOAU, B. and YARON, Z (1987). Changes in steroids concentration during sexuyal ontogenesis in Tilapia. *Aquaculture*, 61: 59-74.

ROTHBARD, S., SOLNIK, E., SHABBATH, S., AMADO, R. and GRABIE, I. (1983). The technology of mass production of hormonally sex-inversed all male tilapias. pp 425-434. *In* L. Fishelson and Z. Yaron (eds), *Proceeding of First International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Tel Aviv, 634 p.

ROUGER, Y. (1996). Déterminisme du comportement sexuel et territoial chez les mâles d'*Oreochromis niloticus* et *Oreochroimis mossambicus*, p 450-458. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B..Amon Kotias. et D. Pauly (eds). *Le Troisième Symosium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICARM Conf. Proc.*, 41, 630 p.

SCHULZ, R.W., ELISIEWICZ P.H., SATIJIN, D.G.P.E and GOOS, H.J.T.H. (1993). The feed back regulation of pituitary GTH-II secretion in male African Catfish (*Clarias gariepinus*). Participation of 11 Ketotestosterone. *Fish Physiology and Biochemistry* Vol 11 1-6 pp 265-272.

SCHREIBER, S., FOCKEN, U. and BECKER, K. (1998). Individually reared female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) can grow faster than males. *J. Appl. Ichthyol.* 14, 43-47.

SIDDIQUI, A.Q. (1979). Reproductive biology of *Tilapia zillii* (Gervais) in Lake Naivasha, Kenya. *Environ. Biol.Fishes.* 4: 257-282.

SIRAJ, S.S., SMITHERMAN, R.O., CASTILLO-GALLUSER, S. and DUNHAM, R.A. (1983). Reproductive traits for three yars class of *Tilapia nilotica* and maternal effects on their progeny. *Abstr. Proc. Int. Symp. Tilapia*. Tiberias, Israel.

SILVERA, P.A.W. (1978). Factors affecting fry production in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus)/M.sc. Thesis, Auburn University. 40p.

SILVERMAN, H.I. (1978). Effects of different level of sensory contact upon reproductive activity of adult male and female *Sarotherodon* (Tilapia) *mossambicus* (Peters). *Anim. Behav.*, 26: 1120-1125.

SMITH, Y. and HALLEY, C.R. (1987). Evidence of sterogenesis in post-ovulatory follicles of the the Tilapia *Oreochromis mossambicu* . *Cell tissue Res.* 247 : 675-687.

SMITH, Y. and HALLEY, C.R. (1988). Steroids profiles of the femelle tilapia *Oreochromis mossambicus* and correlation with growth and mouth-brooding behaviour. *Gen.Comp.Endoc.* 98 p.

SOYANO, K., SAITO, T., NAGAE, M. and YAMAUCHI, K. (1993). Effects of thyroid hormone on gonadotropin-included steroid production in medeka, *Oryzias latipes*,

ovarian follicles, p. 265-272. Fish physiology and Biochemistry vol 11 n°1-6. Kugler Publications, Amsterdam/ New York.

SPRINATE, J.R.C., BROMAGE, N.R. and CUMARANATUNGA, P.R.T. (1985). The effect of different ration on fecundity and egg quality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*), p. 371-391. In Proceeding of the FAO/CIFA Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana.

STRÜSSMANN, C.A. and PATINO, R. (1995). Temperature of sex differentiation in fish. p 153-157. In proceedings of the Reproductive Physiology of Fish, 5th International Symposium, Austin, Texas.

TACON, P., NDIAYE, P., CAUTY, C., LE MENN, F. and JALABERT, B. (1996). Relationship between the expression of maternal behaviour and ovarian development in the mouthbrooding cichlid fish, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 146: 261-275.

TERKATIN-SHIMONY, A and YARON, Z. (1978). Estrogens and esytrogenic effects in *Tilapia aureus* (Cichlids, Telestei). *An. Biol.Bioch. Biophys* 18 :1007-1012.

TERKATIN-SHIMONY, A, ILAN., YARON, Z., et JOHNSON, D.W. (1980). Relationship between temperature, ovarian recrudescence and plasma cortisol level in *Tilapia aurea* (Cichlidae, Telestei). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 40: 143-148.

TOGUYENI, A. (1992). Etude des Facteurs Physiologiques Liés au Sexe Phénotypique dans le Déterminisme du Dimorphisme Sexuel de Croissance chez *Oreochromis niloticus*. *Mémoire de DEA*. Univ. de Rennes. 34 p.

TOGUYENI, A. (1996). La croissance différentielle liée au sexe chez le tilapia (Piscies : Cichlidae), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Contribution des facteurs génétiques, nutritionnels, comportementaux et recherche d'un relais endocrinien. Thèse de doctorat, Université de Rennes, 158 p.

TOGUYENI, A., FAUCONNEAU, B., FOSTIER, A., ABUCAY, J., MAIR, G.C. and BAROILLER, J.F. (1997a). Influence of genotype and social behaviour on growth performance in tilapia, *Oreochromis niloticus* p. 141-150. In K. Fitzsimmons (eds.), Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Orlando, Florida. U.S.A. 808 p.

TOGUYENI, A., FAUCONNEAU, B., FOSTIER, A., BOUJARD, A., KUHN, E.R., MOLAND, K.A. and BAROILLER, J.F. (1997b). Feeding behaviour and feed utilisation in Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Effect of sex-ratio and relationship with the endocrine status. *Physiol. Behav.* 63 (2) 273-279.

TOGUYENI, A., FAUCONNEAU, B., MELARD, C., FOSTIER, A., LAZARD, J., BARRAS, E., KÜHN. R., VAN DER GEYTEN, S. and BAROILLER, J.F. (1997c). Sexual dimorphism studies in tilapia using two pure species, *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron* and their inter-generic hybrids (*S. melanotheron* x *O. niloticus* and *S. melanotheron* x *O. niloticus*), p. 200-214. In K. Fitzsimmons

(eds.), Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture Orlando, Florida. U.S.A. 808 p.

TOWNSHEND, T.J. and WOOTON, R.J. (1984). Effects of food supply on the reproduction on the convict cichlid, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *J. Fish. Biol.*, 24: 91-104.

TREWAVAS, E. (1983). Tilapiine Fishes of the Genera *Sarotherodon Oreochromis* and *Danakilia*. *British Museum Nat. Hist.*, 583 p.

TURNER, (1986). Territory dynamics and cost of reproduction in a captive population of the colonial nesting mouthbrooder *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Fish Biol.*, 29:573-587.

UCHIDA, R.N. and KING, J.E. (1962). Tank culture of Tilapia. U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. (62): 21-51.

VERA-CRUZ, E.M.V. and MAIR, G.C. (1994). Conditions for effective androgen sex-reversal in *Oreochromis niloticus* (L.) Aquaculture, 122: 237-246.

VERDEGEM, M.C. and McGINTY, A.S. (1987). Effects of frequency of egg and fry removal on spawning by *Tilapia nilotica* in hapas. *Prog. Fish. Cult.*, 49 (2): 129-131.

VIOLA, S. and ARIELI, Y. (1983). Nutrition studies with tilapias hybrids². Effects of oil supplemant to practical diets for intensive aquaculture. *Bamidgeh.*, 35:44-52.

WALLACE, R.A., SELMAN, K., GREEN, M.S., Jr BEGOVAC, P.C. LIN, Y-W.P. and Mc PHERSON, R. (1987). Current status of oocyte growth, p.167-177. In D.R. Idler, L.W. Crim and J.M. Walsh (eds). Proceeding of the Third International Symposium on the Reproductive physiology of fish. Memorial University of New Foundland.

WANTANABE, W.O., SMITH, S.J., HEAD, W.D. et MUELLER, K.W. (1996). Production d'alevins de tilapias rouges (*Oreochromis sp*) dans des bassins d'eau saumâtre sous divers régimes alimentaires et densités de charge. p. 176-184. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias et D. Pauly (éds.). Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.*, 41, 630 p.

WOOTON, R. J. (1990). Ecology of teleost fishes. London: Chapman et hall. 404 p.

YAMAMOTO, T. (1969). Sex differentiation, p 117-175. In W.S. Hoar and D.J. Randall (eds). *Fish Physiol*. Vol. III, Academic press, New York and London.

YAMAZAKI, F (1976). Application of hormones in fish culture. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33: 948-958.

YARON, Z., TERKATIN-SHIMONY, A., SHAMAM, Y and SALZER, H. (1977). Occurrence and Biology activity of estradiol 17 β in the intact and ovariectomized *Tilapia aureus* (Cichlidae, teleostei). *General and comparative endocrinology*, 33, 445- 432.

YOSHIKAWA, H and OGURI, M. (1978). Sex differentiation in a Cichlid *Tilapia zillii*. *Bull. Japon. Soc. Sci. Fish.*, 44: 312-318.

ZOHAR Y and BRETON, B. (1986). Gonadotropin levels in female Tilapia treated with GNRH analog and reserpine or dopamine, p 66-67. *Reproduction in fish basic and applied aspects in endocrinology et genetics*. 236 p.

ANNEXES

Annexe 1: Reproduction chez *Oreochromis niloticus* : gamétogénèse et maturation des gonades

- Evolution morphologique des gonades au cours de la maturation

Après la différenciation sexuelle, les gonades évoluent en testicules chez les mâles et en ovaires chez les femelles. Dans les deux cas, il s'agit d'organes pairs situés dans la cavité péritonéale. Les différents stades de maturité et d'évolution des gonades sont difficiles à déterminer. Chez *Oreochromis niloticus*, les critères les plus utilisés sont le rapport gonadosomatique (poids des gonades sur poids du corps x 100), la taille d'ovocytes intra-ovariens et l'apparence macroscopique des ovaires (Babiker et Ibrahim, 1979). Cinq principaux stades de maturation gonadique ont été identifiés chez cette espèce à partir d'une large gamme de poissons à différents niveaux de développement:

-stade I: les ovaires et les testicules sont fins et transparents; stade II: les ovaires sont blancs-jaunâtres avec des œufs minuscules alors que les testicules sont transparents. Ils occupent une petite partie de la cavité péritonéale; -stade III: Les testicules ont une couleur blanchâtre, les ovaires jaunes et remplis d'ovocytes de différentes tailles. Les gonades sont plus larges que dans les cas précédents car, ils occupent la moitié de la cavité péritonéale; stade IV: les ovaires de couleur jaune blanchâtre occupent-les $\frac{3}{4}$ de la cavité péritonéale alors que, les testicules spermiantes atteignent la quasi-totalité de la longueur de cette cavité; -stade V: les gonades atteignent la maturité lorsque les animaux des deux sexes effectuent leur premier cycle de reproduction.

- Gamétogénèse

La gamétogénèse est l'ensemble des processus qui aboutit à la production par les gonades, des gamètes qui sont des cellules germinales différenciées (spermatozoïdes ou ovules) à partir des cellules peu différenciées (gonies). Elle est appelée spermatogénèse pour les mâles et ovogénèse pour les femelles. La gamétogénèse n'a pas fait l'objet de beaucoup de travaux notamment chez *Oreochromis niloticus* mais de nombreux auteurs affirment qu'elle se déroulerait de la même façon que chez les autres poissons téléostéens (Dadzie, 1969; Babiker et Ibrahim, 1979; Moreau, 1979; Grier et Abraham, 1983). Elle peut être achevée dès les 3 premiers mois de la vie des tilapias (Mc Bay, 1961). Toutefois, son déroulement est sous la dépendance des facteurs internes et externes (Hyder, 1970; Siddiqui, 1979).

- Spermatogénèse

Elle se déroule à l'intérieur des testicules qui possèdent un stock de cellules germinales peu différenciées, les spermatogonies A. La spermatogénèse débute avec l'évolution de ces spermatogonies A en spermatogonies B qui à leur tour se transforment en spermatocytes I après plusieurs divisions mitotiques. Les spermatocytes I subissent une première division méiotique, pour donner des spermatocytes II qui se transforment en spermatides haploïdes. Ces spermatides subissent la spermiogénèse (condensation de la chromatine en une pièce, allongement du noyau, regroupement mitochondrial etc.), pour devenir des spermatozoïdes.

Les spermatozoïdes ainsi produits sont évacués à l'extérieur par l'intermédiaire du canal déférent ou spermiducte et de l'orifice uro-génital (Legendre et Jalabert, 1988). Chez les poissons du genre *Oreochromis*, la spermatogenèse est continue avec cependant des intensités variables selon les conditions du milieu (Moreau, 1979).

- Ovogenèse

Elle se déroule dans les ovaires selon des étapes comparables à ceux de la spermatogenèse mais cette fois, à partir des cellules peu différenciées appelées les ovogonies. Ces cellules sont renouvelables tout au long de la vie de l'animal. Après la première division méiotique, la croissance de l'ovocyte peut être subdivisée en prévitellogenèse au cours de laquelle, il augmente de taille (0,6 à 0,9 mm de diamètre) et en vitellogenèse. Cette dernière débute véritablement avec l'incorporation des réserves vitellines dans l'ovocyte, 100 à 150 jours post-fécondation chez *Oreochromis mossambicus* (Nakamura et Takahashi, 1973).

Après la vitéllogenèse, l'ovocyte subit une évolution caractérisée par l'achèvement de la première division méiotique, l'émission du premier globule polaire ainsi que des modifications cellulaires (migration de la vésicule germinative, remaniements au niveau du cytoplasme et du vitellus). La maturation ovocytaire prend fin après l'ovulation, la pénétration du spermatozoïde, la fin de la deuxième division méiotique et la libération du second globule polaire. Par la suite, l'ovogenèse se déroule par vagues successives mais, le point de départ n'est pas bien connu. Elle débiterait à partir d'un stock d'ovocytes en prévitellogenèse (Moreau, 1979). Au cours du cycle de reproduction de *Tilapia zillii* dont l'ovogenèse se déroulerait aussi de la même façon que celle d'*Oreochromis niloticus*, (biblio) les ovules se trouvent à différents stades de développement dans les ovaires. La reproduction de ces espèces est donc du type asynchrone (Wallace *et al.*, 1987; Baroiller *et al.*, 1996).

- Caractéristiques des produits génitaux

A maturité, les mâles d'*Oreochromis niloticus* ont des rapports gonado-somatiques de l'ordre de 0,45%, le volume de sperme obtenu par massage abdominal est généralement faible, environ 0,3 ml. Cette laitance est caractérisée par un pH de l'ordre de 6,5 à 8 (Chao *et al.*, 1987) et un taux de $3,04 \cdot 10^9$ spermatozoïdes par millilitre soit deux fois plus élevé ($6,25 \cdot 10^9$) chez *Oreochromis aureus*. La motilité des spermatozoïdes est de 4-5 mn *Oreochromis aureus* et 15 mn chez *Tilapia zillii* (Cichlidae) alors qu'elle est de 1 à 1,5 mn chez *Heterobranchus longifilis* (Siluridae) (Legendre, 1991).

Les femelles d'*Oreochromis niloticus* matures sont caractérisées par des ovocytes oviformes dont le diamètre varie de 1400 à 2200 μm (Mélard, 1986), et le nombre de 385 à 4392 par ponte (Babiker et Ibrahim, 1979; Mélard, 1986). *Sarotherodon galileus*, espèce à incubation buccale paternelle ou biparentale, produit de 69 à 1850 ovules (Blay, 1981) alors que *Tilapia guineensis*, pondeur sur substrat, atteint 1000 à 7061 ovules par pontes. La fécondité des pondeurs sur substrat, qui assure une protection moins efficace à leurs progénitures, est plus élevée que celle des incubateurs buccaux (Peters, 1973).

Annexe 2: Conséquences de la période de mise en reproduction des géniteurs sur la production d'alevins.

Au cours de la première expérience utilisant la technique de récolte continue réalisée en étangs de 100 m² (1R9 et 1R11: expérience I), dont les résultats sont présentés au Tableau 7, la quantité d'alevins récoltée représente le double de celle obtenue sur la même superficie (1R2 et 1R3: expérience II) pendant la même période c'est à dire, 45 jours après l'introduction des géniteurs (Tableaux 4 et 7).

En revanche, la taille d'alevins enregistrée au cours de l'expérience II est significativement plus élevée que celle des individus provenant de l'expérience I où d'ailleurs, des longueurs minimales individuelles de 6 mm sont enregistrées au cours d'exploitations et même à la vidange. Les fréquences de pêches appliquées au cours des deux expériences (6 fois/jour) étant comparables, cette différence de tailles entre alevins ne saurait être imputée à la seule dérive de l'inefficacité des pêches.

Les femelles utilisées au cours de l'expérience I auraient des ovocytes plus petits qui ont permis d'obtenir des petits alevins par rapport à celles utilisées lors de l'expérience II pendant laquelle, les gros ovocytes ont permis d'obtenir des alevins de grandes tailles. Les gros ovocytes censés contenir plus de vitellus (Niall et Robert, 1995) permettent d'obtenir des gros alevins après résorption (Carteret, 1995) et même au-delà (Rana et Macintosh, 1988).

Or, l'augmentation de la taille d'ovocytes s'accompagne de la réduction de leur nombre par ponte. Chez *Cichlasoma nigrofasciatum*, espèce de poisson appartenant également à la famille des *Cichlidae*, la taille des ovocytes augmente lorsque la fréquence de ponte diminue (Townhend et Wootton, 1984). Ainsi, au cours de l'expérience I, les femelles se sont reproduites plus fréquemment ce qui a eu pour conséquences la réduction de la taille individuelle d'alevins et l'augmentation de leur nombre contrairement à l'expérience II. Ces écarts de production proviennent donc de la différence de fécondité entre les deux populations de femelles.

Le nombre d'ovules contenus dans l'ovaire dépend de la taille de la femelle (Fryer et lles, 1972; Babiker et Ibrahim, 1979). Or, les femelles utilisées au cours des deux expériences ont des poids et tailles équivalents, leurs fécondités devraient alors être comparables. Legendre et Ecoutin (1996) rapportent que, chez *Sarotherodon melanotheron*, les femelles de même tailles peuvent avoir des fécondités différentes. Cette différence de fécondité s'accompagne d'une variation en sens inverse des poids des ovocytes. Autrement dit, les femelles qui ont une fécondité plus élevée ont des ovocytes plus petits et plus nombreux alors que, celles qui ont une fécondité faible ont des gros ovocytes et peu nombreux.

La différence de fécondité provient des taux de multiplication des ovogonies au moment de l'ovogenèse, de recrutements des ovocytes qui entrent en vitéllogénèse et/ou de l'atrésie d'une partie d'ovocytes en développement (Sprinate *et al.*, 1985). Le premier facteur est fortement dépendant de l'alimentation alors que les deux derniers sont plutôt liés aux conditions d'élevage. Les géniteurs utilisés dans les deux cas sont obtenus à partir d'alevins de 25 g élevés dans des conditions d'élevage favorables et nourris selon leur appétit avec le même type d'aliment.

Comme la multiplication des ovogonies au moment de l'ovogenèse est liée à l'alimentation, la différence de fécondité entre les deux populations de femelles ne devrait pas provenir des écarts dans la multiplication des ovogonies.

En revanche, une différence de l'état de maturité sexuelle pourrait bien entraîner ces écarts de fécondités. Les femelles sont mises en reproduction à un poids moyen de 170 g. Or à ce stade, la plupart d'entre-elles aurait effectué au moins un cycle gamétogénique car, des individus matures ont été identifiés dès 80 g par pression abdominale donc avant les poids finaux de production des géniteurs. L'activité sexuelle des femelles n'est donc pas rigoureusement interrompue au cours du cycle de production des géniteurs en cages car, les animaux sont directement exposés aux variations des conditions naturelles du milieu.

Les femelles utilisées au cours de l'expérience I qui a produit plus d'alevins, sont mises en reproduction en début du mois de mai donc avant l'installation définitive de la saison des pluies. En revanche, celles utilisées au cours de l'expérience II sont mises en reproduction à la fin du mois de juin période qui correspond à l'hivernage au Niger. La différence entre les deux périodes aurait induit des écarts dans l'état de maturité sexuelle des femelles. En effet, la période hivernage est caractérisée par des variations des conditions du milieu d'élevage (changement de températures, de la photopériode et fluctuations du niveau des plans d'eau) favorables à la reproduction de cette espèce (Moreau, 1979; Lowe McConnell, 1982; Philippart et Ruwet, 1982).

Les femelles transférées en pleine saison des pluies seraient alors dans un état de maturité sexuelle plus avancées que celles mises en reproduction avant cette période. Or chez *Oreochromis spp*, l'atrésie des ovocytes intervient juste après maturation, dès lors que le rapport gonado-somatique dépasse son niveau maximum mais sans que, la ponte soit affectée (Peters, 1983). Les femelles utilisées au cours de l'expérience II, à maturité sexuelle très avancée, auraient eu une partie de leurs ovocytes atrésiés. Leurs pontes seraient caractérisées par des ovocytes de moins bonne qualité dans leur majorité qui ont permis d'obtenir moins d'alevins (Little *et al.*, 1996). Cette différence de l'état de maturité serait à l'origine de l'écart de production constaté entre les femelles utilisées au cours des deux expériences.

Annexe 3: Poids et tailles initiaux et finaux des différents groupes de poissons utilisés au cours de l'expérience sur la différence de croissance : effet de l'élevage en cages flottantes

Groupe	PI (g)	ETPI	TI (cm)	ETTI	PF (g)	ETPF	TF (cm)	ETTF
F0	24,55	2,57	11,19	0,41	276,3	56,07	22,94	1,42
F50	24,46	2,79	11,14	0,49	208	54,95	21,23	1,7
F100	23,79	2,76	11	0,47	165,88	36,37	20,08	1,41
MF50	24,62	2,74	11,31	0,44	245	45,48	22,44	1,25
FF50	24,28	2,84	11,09	0,51	175,16	39,42	20,17	1,27

F0: 100% de mâles; F50: 50% de mâles et 50% de femelles; F100: 100% de femelles; MF50: Mâles élevés en mixtes; FF50: Femelles élevées en mixtes; PI: Poids initial; ETPI: Ecart-type de poids initial; TI: Taille initiale; ETTI: Ecart-type de taille initiale; PF: Poids final; ETPF: Ecart-type de poids final; TF: Taille finale; ETTF: Ecart-type de taille finale.

Annexe 4: Différenciation sexuelle d'*Oreochromis niloticus*

- Etapes de la différenciation sexuelle

Oreochromis niloticus comme tous les autres tilapias sont des poissons gonochoriques chez lesquels, les gonades passent par un stade indifférencié où, ils sont filiformes et remplis des cellules germinales primordiales. Ces cellules de formes rondes ont de grandes tailles car, leurs diamètres varient de 16 à 18 μ chez *Oreochromis niloticus* (Baroiller, 1988). La différenciation du sexe pour évoluer en mâle ou en femelle commence par la multiplication de ces cellules, la méiose et l'auxocytose (Baroiller, 1988).

Chez *Oreochromis niloticus*, ce stade est atteint 23-26^e jours après l'éclosion à 26°C (Nakamura et Nakagama, 1985), 28-35^e jours après l'éclosion à 27°C (Baroiller 1988). La différenciation du sexe débute d'abord chez les femelles d'*Oreochromis niloticus* tandis que, chez *Oreochromis mossambicus* elle commence au même moment chez les mâles et femelles (Babiker et Ibrahim, 1979).

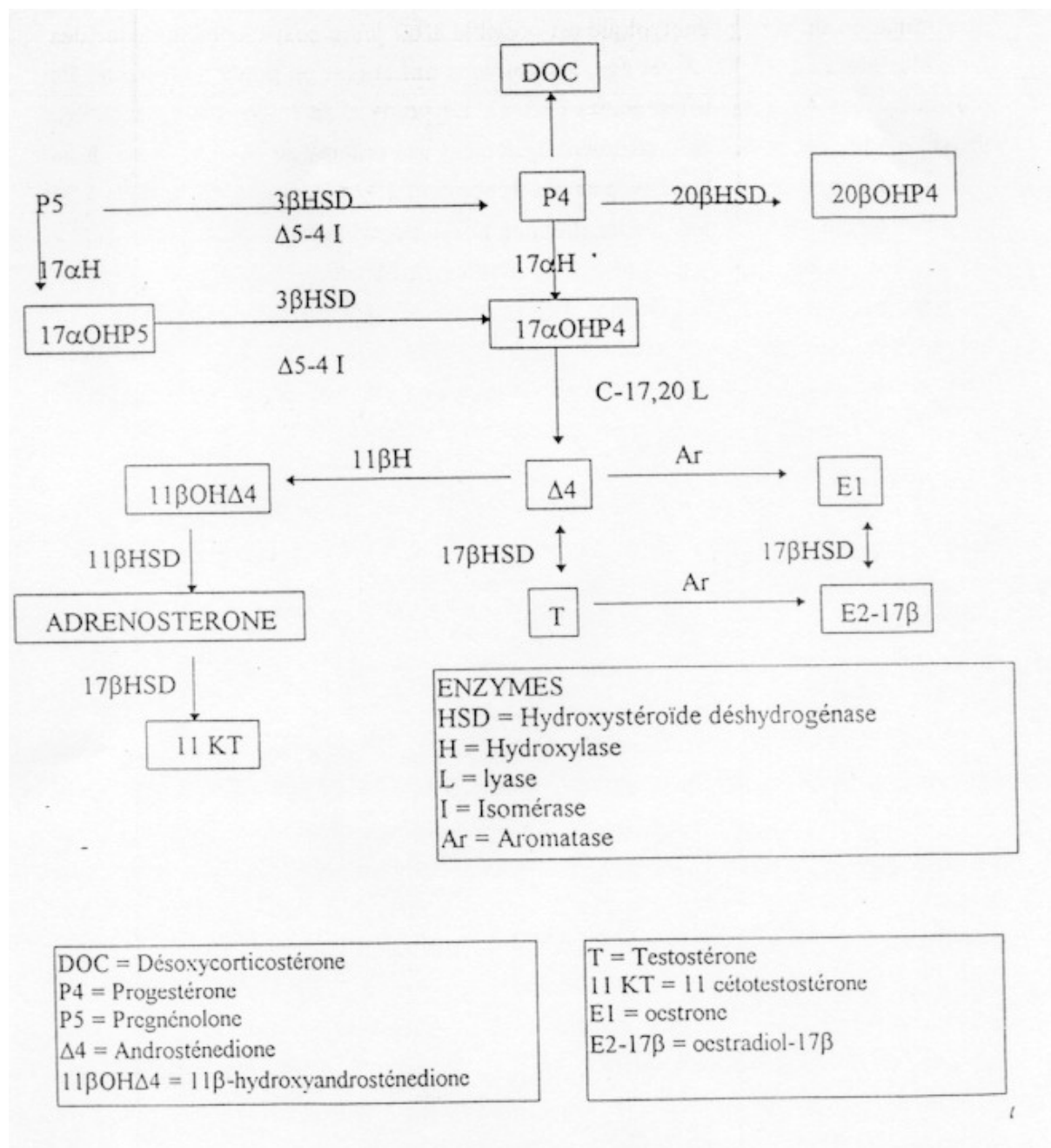
A la fin de la différenciation (environ 10 g chez *Oreochromis niloticus*), les testicules deviennent fins et translucides alors que les ovaires de couleur blanchâtre sont larges et cylindriques. Chez cette espèce, les testicules prennent une configuration lobulaire 50 jours après la fécondation (Baroiller, 1988). Le dimorphisme sexuel est mieux perceptible à l'œil nu et en routine sur des individus de 25-30 g, à travers la forme de la papille génitale.

-Contrôle interne de la différenciation sexuelle

Chez *Oreochromis niloticus*, les femelles sont homozygotes XX et les mâles hétérozygotes XY (Jalabert *et al.*, 1974). Malgré ce déterminisme génétique, l'expression phénotypique du sexe dépend des stéroïdes sexuelles (Yamamoto, 1969). Au moment de la différenciation apparaissent au voisinage des vaisseaux sanguins dans les espaces inter-ovocytaires, des cellules dont le nombre augmente avec le développement des cellules germinales. Elles seraient impliquées dans l'apparition des potentialités stéroïdogéniques de la gonade (Nakamura et Nakagama, 1985). Chez les jeunes embryons d'*Oreochromis niloticus*, apparaissent de fortes concentrations de testostérone et d'oestradiol. Ces hormones disparaissent 3 à 5 jours après éclosion pour réapparaître 7 semaines plus tard. Les premières hormones seraient d'origine maternelle mais les secondes produites par l'alevin pourraient être impliquées dans la différenciation du sexe (Rothbard *et al.*, 1987).

Chez cette espèce, des potentialités stéroïdogéniques ont également été mises en évidence, par histochimie et étude du métabolisme in vitro, dans des gonades histologiquement indifférenciées (Baroiller, 1988). Au moins quatre stéroïdes apparaissent au cours de la différenciation sexuelle des mâles (l'adrénostérone, l'hydroxyandrostenedione, la testostérone et la 11 cétotestostérone) et des femelles (l'oestradiol, la progestérone, la testostérone et la 11 cétotestostérone). La 11 cétotestostérone existe chez les alevins des deux sexes avec cependant, des concentrations plus élevées chez les mâles. Cette hormone semble ne pas être très impliquée dans la différenciation sexuelle. La testostérone existe aussi chez les mâles et les femelles tandis que, l'œstrogène n'est présente que chez les femelles. L'hydroxyandrostenedione qui apparaît avant la prolifération des cellules somatiques et germinales et l'adrénostérone présente uniquement chez les mâles seraient impliquées dans la différenciation sexuelle des mâles (Baroiller, 1988).

Annexe 5: Schéma du processus de métabolisme des stéroïdes chez les juvéniles de 90 jours d'*Oreochromis niloticus* d'après Baroiller, (1988).



Annexe 6: Etapes de production des super mâles (YY) et des néofemelles (ZZ)

